



## **GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

### **TREBALL FINAL DE GRAU**

---

# **ESTUDI DE LA REPETIBILITAT I LA REPRODUCTIBILITAT DE LA MESURA DE VERGÈNCIES FUSIONALS I FLEXIBILITAT DE VERGÈNCIES EN VISIÓ PROPERA**

**LOURDES MAÑE ROSELL**

DIRECTORA: ROSA BORRÁS GARCÍA  
CODIRECTORA: ELVIRA PERIS MARCH  
DEPARTAMENT: ÒPTICA I OPTOMETRIA

DATA DE LECTURA  
12 DE GENER DE 2016



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El Sr./Sra. María Rosa Borràs García, com a director/a del treball y el Sr./Sra. Elvira Peris March com a codirector/a del treball

### CERTIFIQUEN

Que el Sr./Sra. Lourdes Mañe Rosell ha realitzat sota la seva supervisió el treball *Estudi de la repetibilitat i la reproductibilitat de la mesura de vergències fusionals i flexibilitat de vergències en visió propera* que es recull en aquesta memòria per optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo/em aquest certificat.

Sr/Sra María Rosa Borràs García  
Director/a del treball

Sr/Sra Elvira Peris March  
Codirector/a del treball

Terrassa, 12 de gener de 2016



## AGRAÏMENTS

En primer lloc vull agrair a les tutores del treball, la Rosa i l'Elvira, per l'ajuda, l'orientació i sobretot el suport que m'han donat durant la realització d'aquest treball. Sense elles no hauria estat possible.

En segon lloc, als alumnes de 3r curs d'Òptica i Optometria per ser partícips de la mostra del nostre estudi desinteressadament. Moltes gràcies!

Als meus amics, per donar-me ànims durant aquests anys i sobretot en l'últim esforç.

A la colla de la Facultat, gràcies per les hores d'estudi junts, les teràpies, i també pels sopars i les festes.

A la meva parella, el Roger, per ajudar-me en els bons i en els mals moments. Per donar-me forces quan ja no me'n quedaven i, sobretot, per confiar en mi. Junts podrem amb tot!

A la meva mare i la meva germana, la Maria Rosa i la Susanna, per orientar-me i donar-me suport des del primer moment. En els bons moments i també en els més difícils, tot i tenir-les lluny i veure-les poc m'han ajudat com ningú ho hagués fet.

Per últim, al meu pare l'Ignasi, que tot i ja no estar entre nosaltres, tu sempre estàs amb mi. Aquest treball és un resum dels valors d'esforç i constància que em van ensenyar la meva família. Sé que estaries orgullosa de la teva nena petita.

El treball us el dedico a tots, en especial a la meva família.

Va per tots vosaltres, moltes gràcies!



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# ESTUDI DE LA REPETIBILITAT I LA REPRODUCTIBILITAT DE LA MESURA DE VERGÈNCIES FUSIONALS I FLEXIBILITAT DE VERGÈNCIES EN VISIÓ PROPERA

## RESUM

**Objectiu:** Realitzar un estudi per a determinar la repetibilitat entre subjectes i la reproductibilitat entre examinadors de tres mètodes subjectius per a la mesura de les reserves de vergències i la flexibilitat de vergències en visió propera.

**Mètode:** Es van realitzar dues sessions de mesura en una mostra de 53 joves estudiants de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa. En la primera sessió, la mostra va ser avaluada per un examinador i en la segona sessió, cada individu va ser avaluat per dos examinadors. Les proves realitzades van ser: Von Graeffe amb l'optotip d'una lletra i d'una columna de lletres, la barra de prismes amb el test d'una lletra, i la flexibilitat de vergències amb el test d'una columna de lletres.

**Resultats:** S'ha vist que per a la mesura de les reserves de vergències, el mètode Von Graeffe dóna millor resultats de repetibilitat i reproductibilitat amb el test d'una lletra que el d'una columna de lletres. El test de la barra de prismes dóna valors inferiors de variabilitat. Per a la mesura de la flexibilitat de vergències, s'han observat bons resultats de repetibilitat, tot i que són superiors als valors de normalitat establerts.

**Conclusions:** El mètode Von Graeffe amb l'optotip d'una lletra és el que obté la millor repetibilitat entre subjectes i la millor reproductibilitat entre examinadors. El mètode de la barra de prismes és el que obté la pitjor repetibilitat.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# ESTUDIO DE LA REPETITIVIDAD Y LA REPRODUCTIBILIDAD DE LA MEDIDA DE VERGENCIAS FUSIONALES Y FLEXIBILIDAD DE VERGENCIAS EN VISIÓN PRÓXIMA

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar un estudio para determinar la repetitividad entre sujetos y la reproductibilidad entre examinadores de tres métodos subjetivos para la medida de las reservas de vergencias y la flexibilidad de vergencias en visión próxima.

**Método:** Se realizaron dos sesiones de medida en una muestra de 53 jóvenes estudiantes de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa. En la primera sesión, la muestra fue evaluada por un examinador y en la segunda sesión, cada individuo fue evaluado por dos examinadores. Las pruebas realizadas fueron: Von Graeffe con el optotipo de una letra y de una columna de letras, la barra de prismas con el test de una letra, y la flexibilidad de vergencias con el test de una columna de letras.

**Resultados:** Se ha visto que para la medida de las reservas de vergencias, el método Von Graeffe da mejores resultados de repetitividad y reproductibilidad con el test de una letra que el de una columna de letras. El test de la barra de prismas da valores inferiores de variabilidad. Para la medida de la flexibilidad de vergencias, se han observado buenos resultados de repetitividad, aunque son superiores a los valores de normalidad establecidos.

**Conclusiones:** El método Von Graeffe con el optotipo de una letra es el que obtiene la mejor repetitividad entre sujetos y la mejor reproductibilidad entre examinadores. El método de la barra de prismas es el que obtiene peor repetitividad.



## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# STUDY OF REPEATABILITY AMB REPRODUCIBILITY ABOUT FUSIONAL VERGENCES AND VERGENCE FACILITY MEASURES IN NEAR VISION

### ABSTRACT

**Purpose:** Elaborate a study which determines the repeatability among individuals and the reproducibility between 3 subjective methods for measure the fusional vergences and the vergences facility in near vision.

**Methods:** Two measurement sessions were held with a sample of 53 young students of the Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa. During the first session, the individuals of the sample were evaluated by one examiner, and in the second session, each person was evaluated by two examiners. The tests made were: Von Graeffe with the test target of a single letter and a column of letters, the prisms bar with the test of a single letter, and the vergence facility with the test of a column of letters.

**Results:** It has been observed that for the measurement of fusional vergences, the Von Graeffe method provides better results in terms of repeatability and reproducibility when using the single letter test rather than the column of letters. The prisms bar test give lower variability values. For the vergences facility measurement, good repeatability results were observed, despite they were higher than normal values.

**Conclusions:** The Von Graeffe method with the test target of a single letter is the one which obtains the best repeatability and reproducibility among different methods. The prisms bar method is the one which obtains worst repeatability.





## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# STUDY OF REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY ABOUT FUSIONAL VERGENCES AND VERGENCE FACILITY MEASURES IN NEAR VISION

## SUMMARY

### INTRODUCTION

Nowadays there are many published articles and several methods to measure fusional vergences but in clinical practice is not written what the best method is, that's why each professional chooses the most familiar method. The measurement of fusional vergences is a fundamental test for assessing the state of the patient's binocular vision. The requirements for a simple and clear binocular vision are: to have two eyes, extraocular muscles, visual neural pathways, neural processing system for integrating information, correspondence motor and binocular perception.

The fusional vergence or the vergence disparity is the disparity that the visual system can tolerate before seeing objects double. Other components of the response of vergence are the accommodative vergence, proximal vergence and the vergence vein.

There are two horizontal vergence ranges: Fusional convergence range or positive which is the amount of convergence that can be stimulated by the subject when the accommodation is constant. It is assessed with base out prisms ( $\Delta BO$ ). And fusional divergence range or negative which is the amount of convergence that the patient can be relaxed when the accommodation is constant. It is assessed in base in prisms ( $\Delta BI$ ).

The vergence facility is the measurement of the speed in which a person can recover the fusion or maintain binocular vision, in presence of rapid changes in demand for

vergence, convergence and divergence. It is performed by base-in prism ( $3\Delta BI$ ) which stimulates divergence, and base-out prism ( $12\Delta BO$ ) which stimulates convergence. It is alternately put in front of our eyes.

### OBJECTIVES

The main target of this investigation is to study, by using a sample of university students, the repeatability and reproducibility of horizontal fusional vergence range and vergence facility in near vision. Three methods are used: Von Graeffe using a single letter and a column of letters, bar prisms using a letter and vergence facility using a column of letters.

We also have three specific objectives:

1. Analyze the repeatability of measurements that are determined by comparing the results obtained by the same examiner in both sessions.
2. Analyze the reproducibility of measurements that are determined by comparing the results obtained by two examiners during the same sessions, using the same equipment and methodology.
3. Compare our results with other similar studies.

### METHODOLOGY

The sample selected for this study was 53 young students in the third year of Optometry, aged between 20 and 25 years old. Exclusion criteria of this study were: monocular visual acuity equal to 1 at near vision, refractive error between  $-6.00$  and  $+6.00$  spherical diopters, absence of astigmatism higher than  $3.00$  cylinder diopters, have the vision corrected by using glasses or contact lenses during the execution of the measures, not present an amblyopia, strabismus or ocular pathologies history, and not having undergone eye surgery. All participants signed an informed consent before participating in the study.

The protocol measurement is organized into three sections that were put in place randomly:

- **Block I:** assess the measurements obtained using the method of horizontal fusional vergence Von Graeffe choosing random test. It can be a single letter test (Method of measure 1) or a vertical column of letters test (Method of measure 2).
- **Block II:** measuring horizontal fusional vergence with bar prism using a single letter test (Method of measure 3).
- **Block III:** contained the method of vergence facility with a vertical column of letters test. The instrument used is a combination of  $3\Delta BN$  and  $12\Delta BT$ .



The measurements were conducted in two different sessions. In the first session were examined by one examiner, and in the second session were examined by two examiners.

To measure horizontal fusional vergence always began with base in prisms ( $\Delta$ BI) and then base out prisms ( $\Delta$ BO). We indicated to patients that they must say "DOUBLE" (breaking value) when they saw two separately images, and they must say "SIMPLE" (recovery value) when they saw a single image. In Von Graeffe method prisms are increased binocularly but in prisms bar method that increased monocularly in front of right eye.

The measurement started in  $0\Delta$  prisms in which we asked patients if they saw a single image. If they confirmed, we increased the number of prisms until they saw double. We were increasing the prisms in  $5\Delta$  more and we proceeded to decrease the number of prisms until he or she indicated us that a single image was seen. These type of measurements were repeated three times, during while we were noting down the values of each one.

In order to measure the vergence facility we indicated the people that when they could saw the test simply and clear they had to notice us with the word "NOW", that way we asked the person if he/she was seeing a simple and clean image, if they confirmed, we started the test putting the prism of  $3\Delta$ BI in front of his/her right eye. When the patient saw the image simple and clean we were changing the prism to  $12\Delta$ BO on the same eye until he/she was seeing a simple and clean image again, at that moment, the person had to advice us. We proceeded that way repetitively during a minute, during the while we were noting down the values of cycles per minute (cmp), in which a cycle is see merged within BN/BT.

## RESULTS

The results obtained were the following ones:

- **Among sessions:** the best correlation for measuring horizontal fusional vergences is obtained with Von Graeffe in the break of base in (BI) prisms with a test of a vertical column of letters. The result of the Pearson Correlation was 0,87.

The best repeatability was obtained with the Von Graeffe method in the break of base in (BI) prisms with a test of a vertical column of letters. The result of Coefficient of Interclass Correlation (IC) was 0,87.

The vergences facility obtains good correlation with a Pearson Correlation value of 0,88, and a good repeatability with a Coefficient of Interclass Correlation (IC) of 0,88.

- **Among examiners:** the best correlation for the measurement of horizontal fusional vergences was obtained with Von Graeffe using a letter test, in the break of base out (BO) prisms. The result of the Pearson Correlation was 0,87. The best repeatability was obtained with the Von Graeffe method using a letter test card, in the

break of base out (BO) prisms. The result of Coefficient of Interclass Correlation (IC) was 0,86.

The vergences facility obtains good correlation with a Pearson Correlation value of 0,73, and a good repeatability with a Coefficient of Interclass Correlation (IC) of 0,72.

## **DISCUSSION AND CONCLUSIONS**

After the analysis of the obtained results, the conclusions are the following ones:

- The best repeatability among sessions is obtained with Von Graeffe method in isolated letter test.
- The lowest repeatability among sessions is obtained with prisms bar in isolated letter test.
- The best reproducibility among examiners is obtained with Von Graeffe method in a letter test card.
- The lowest reproducibility among examiners is obtained with prisms bar method in a letter test card.
- The recovery measurements was obtained lower values in the repeatability between sessions, mostly in base out (BO) prisms.
- In vergence facility higher values were obtained compared to the normal values for Gall et al., however good repeatability and good reproducibility was obtained.

# ÍNDEX

1. Introducció.....	16
2. Marc teòric.....	17
2.1. Visió binocular.....	17
2.2. Reserves fusionals.....	18
2.2.1. Tipus de reserves.....	18
2.2.2. Mètodes de mesura.....	19
2.2.3. Valors de normalitat.....	21
2.3. Flexibilitat de vergències.....	22
2.3.1. Mètodes de mesura.....	22
2.3.2. Valors de normalitat.....	23
2.4. Estudi de la repetibilitat i la reproductibilitat.....	24
2.4.1. Fonts de variabilitat.....	24
2.4.2. Repetibilitat.....	25
2.4.3. Reproductibilitat.....	25
2.5. Anàlisi estadístic.....	25
2.5.1. Mètode estadístic del Coeficient de Correlació de Pearson.....	26
2.5.2. Mètode estadístic del Coeficient de Correlació Interclasse.....	26
3. Objectius.....	28
4. Mètode experimental.....	29
4.1. Compromís ètic i social.....	29
4.2. Mostra.....	29
4.3. Protocol de mesura.....	30
4.4. Instrumentació.....	35
4.4.1. Reserves horitzontals amb Von Graeffe.....	35
4.4.2. Reserves horitzontals amb barra de prismes.....	35
4.4.3. Flexibilitat de vergències.....	36
5. Resultats.....	37
5.1. Anàlisi descriptiu.....	37
5.1.1. Descriptius de la mostra.....	37
5.1.2. Descriptius variables.....	38
5.2. Anàlisi de repetibilitat.....	39

5.2.1. Estudi de la repetibilitat pel Coeficient de Correlació de Pearson .....	39
5.2.2. Estudi de la repetibilitat pel Coeficient de Correlació Interclasse .....	41
6. Discussió i conclusions .....	44
6.1. Discussió .....	44
6.1.1. Repetibilitat intra-subjecte .....	44
6.1.2. Repetibilitat inter-examinador .....	44
6.1.3. Comparació dels resultats amb altres estudis .....	45
6.2. Conclusions .....	46
7. Bibliografia .....	47
8. Annexos .....	49
ANNEX I. Consentiment informat .....	49
ANNEX II. Fitxa d'exclusió .....	51
ANNEX III. Exemple de fitxa d'anotació de resultats .....	52

## ÍNDEX DE FIGURES

**Figura 2.1:** Esquema de les òrbites i el camp visual binocular en relació als eixos visuals i els eixos de l'òrbita. (Puell, M.C., 2006)

**Figura 2.2:** Estri utilitzat en la flexibilitat de vergències comercialitzat per Gulden Ophthalmics

**Figura 4.1:** Mesura de l'agudesia visual (AV)

**Figura 4.2:** Mètode Von Graeffe amb test lletra única

**Figura 4.3:** Regle Royal Air Force (RAF)

**Figura 4.4:** Prismes de Risley del foròpter

**Figura 4.5:** Barra de prismes

## ÍNDEX DE TAULES

**Taula 2.1:** Valors de normalitat màxims i mínims de reserves fusionals en visió llunyana i propera proposats pels autors Álvaro M. Pons et al en el llibre Fundamentos de la Visión Binocular.

**Taula 2.2:** Mitjana dels valors de borrositat, ruptura i recuperació de les reserves fusionals (BN i BT) mesurades amb Prismes de Risley i amb barra de prismes, a subjectes entre 18 i 35 anys (Goss, D.A. i Becker, E., 2011)

**Taula 2.3:** Valors de normalitat proposats per diferents autors. (Borràs, M.R. et al, 1999) (Grosvenor, T.P., 2007)

**Taula 2.4:** Valors de normalitat de diversos autors emprant diverses combinacions de potències prismàtiques (Borràs, M.R. et al, 1999)

**Taula 2.5:** Interpretació dels valors del coeficient de correlació de Pearson (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

**Taula 2.6:** Interpretació dels valors del Coeficient de Correlació Interclasse ICC proposat per Fleiss, 1986.

**Taula 4.1:** Material utilitzat en el nostre estudi per a cada prova

**Taula 5.1:** Abreviacions dels mètodes utilitzats en el nostre estudi per a la realització de les taules i gràfiques.

**Taula 5.2:** Descriptius variables aplicats al mètode 1, 2 i 3 en la sessió 1 per a l'examinador 1.

**Taula 5.3:** Descriptius variables aplicats al mètode de Flexibilitat de Vergències en la sessió 1 i per a l'examinador 1.

**Taula 5.4:** Descriptius variables aplicats al mètode 1, 2 i 3 en la sessió 2 per a l'examinador 1.

**Taula 5.5:** Descriptius variables aplicats al mètode de Flexibilitat de Vergències en la sessió 2 i per a l'examinador 1.

**Taula 5.6:** Descriptius variables aplicats al mètode 1, 2 i 3 en la sessió 2 per a l'examinador 2.

**Taula 5.7:** Descriptius variables aplicats al mètode de Flexibilitat de Vergències en la sessió 2 i per a l'examinador 2.

**Taula 5.8:** Correlacions de Pearson intra-subjectes (comparació de sessió 1 i 2, realitzades per l'examinador 1). La casella verda correspon a la correlació més alta i la vermella a la correlació més baixa obtingudes.

**Taula 5.9:** Correlacions de Pearson intra-subjectes (comparació sessió 1 i 2, realitzades per l'examinador 1).

**Taula 5.10:** Correlacions de Pearson inter-examinadors (comparació d'examinador 1 i 2, realitzades a la sessió 2). La casella verda correspon a la correlació més alta i la vermella a la correlació més baixa obtingudes.

**Taula 5.11:** Correlacions de Pearson inter-examinador (comparació d'examinador 1 i 2, realitzades a la sessió 2).

**Taula 5.12:** Coeficients de correlació interclasse intra-subjectes (comparació de sessions 1 i 2, realitzades per l'examinador 1). La casella verda és la que obté més bona repetibilitat i la casella vermella la que n'obté menys.

**Taula 5.13:** Coeficients de correlació interclasse intra-subjectes (comparació sessió 1 i 2, realitzades per l'examinador 1).



**Taula 5.14:** Coeficients de correlació interclasse inter-examinadors (comparació d'examinadors 1 i 2, realitzades en la sessió 2). La casella verda és la que obté més bona repetibilitat i la casella vermella la que n'obté menys.

**Taula 5.15:** Coeficients de correlació interclasse inter-examinador (comparació d'examinador 1 i 2, realitzades a la sessió 2).

## ÍNDIX DE GRÀFIQUES

**Gràfic 5.1:** Distribució en tant per cent del sexe en la mostra

**Gràfic 5.2:** Gràfic de la Correlació de Pearson sobre la millor repetibilitat intra-subjectes

# 1. INTRODUCCIÓ

Aquest treball està fet en el marc del projecte de final de grau d'Òptica i Optometria. Després d'haver realitzat aquests estudis, era d'interès per a mi estudiar la repetibilitat i la reproductibilitat de les reserves de vergències i la flexibilitat de vergències en visió propera. La motivació de realitzar aquest estudi prové de que existeixen varis mètodes per a mesurar les reserves de vergències però en la pràctica clínica no està escrit quin és el millor mètode, sinó que cada professional escull el mètode que li sigui més proper.

Com veurem en el desenvolupament del treball, avaluar la visió binocular és de gran importància com també ho és l'habilitat de realitzar adequadament els moviments de convergència i divergència. Per tant, un bon examen visual ha d'incloure un anàlisi profund de la visió binocular.

La metodologia desenvolupada per a realitzar aquest treball ha estat Von Graeffe dividit en dues fases, en la primera de les quals el test és una única lletra, i en la segona el test és una columna de lletres. També s'utilitza el mètode de la barra de prismes amb el test d'una lletra sola. Aquests dos mètodes serviran per a mesurar les reserves de vergències i poder-ne estudiar la seva variabilitat intra-subjectes i inter-examinadors. Per últim, per a la mesura de la flexibilitat de vergències s'utilitzen els prismes de  $3\Delta$ BN i  $12\Delta$ BT, havent seleccionat aquests d'entre tots els estudis existents donat que aquests dos prismes permeten diferenciar els subjectes simptomàtics dels no simptomàtics.

Hem seleccionat una mostra de 53 joves estudiants de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa, amb els quals s'han realitzat les proves. Aquestes proves es van realitzar dues vegades a cada pacient, entre elles hi va haver entre 7 i 10 dies de descans. A partir de les dades obtingudes en aquest mostreig s'ha realitzat un estudi estadístic que ha permès dur a terme aquest treball.

## 2. MARC TEÒRIC

En aquest apartat es tractaran els principals aspectes relacionats amb les reserves fusionals, la flexibilitat de vergències, l'estudi de la repetibilitat, la reproductibilitat i els mètodes estadístics emprats en el nostre estudi.

En primer lloc, es farà una breu descripció de la visió binocular, seguidament es parlarà de les reserves fusionals i flexibilitat de vergències, es comentaran els mètodes de mesura de cada un d'ells i s'indicaran els valors de normalitat, també es parlarà dels conceptes de repetibilitat i reproductibilitat amb les seves fonts de variabilitat, i per últim, es parlarà sobre els mètodes estadístics emprats amb els seus valors d'interpretació.

### 2.1 Visió binocular

La visió binocular és la integració de la informació monocular sensorial que prové dels dos ulls i la informació motora visual en la percepció de l'espai físic que ens envolta. És a dir, és la coordinació i la integració del que percebem amb els dos ulls per separat obtenint la percepció d'una única imatge <sup>1</sup>.

Aquesta percepció visual és codificada i editada pel cervell, es veu afectada per la memòria visual, i sovint reacciona a un estímul visual després de passar per la consciència <sup>2</sup>.

La visió binocular podem classificar-la en tres graus <sup>3</sup>:

- Grau I: No hi ha d'haver supressió de cap de les imatges que es formen en cada ull.
- Grau II: Fusió neural de les dues imatges.
- Grau III: Visió estereoscòpica, percepció de la profunditat.

La condició més important és que els camps visuals monoculars es solapin en una regió suficientment ampla per a generar un camp binocular extens <sup>3</sup>. Els humans tenen la característica de tenir les òrbites oculars situades frontalment amb els seus eixos visuals divergint 45°, tot i així els ulls es situen quasi paral·lels entre ells. (Figura 2.1)

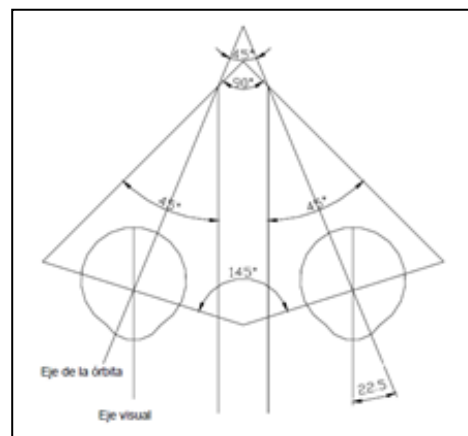


Figura 2.1. Esquema de les òrbites i el camp visual binocular en relació als eixos visuals i els eixos de l'òrbita. (Puell, M.C., 2006)

Per tant, per tenir una visió binocular simple i nítida necessitem que el sistema visual inclogui els següents requisits:

- Dos ulls, amb una separació mitjana entre ells de 60 o 65 mm.
- Músculs extraoculars, que permeten que la imatge generada de l'objecte d'interès estimuli l'àrea apropiada de la retina de cada ull.
- Vies visuals neurals, per a poder transferir les dues imatges al cervell.
- Sistema de processament neural per a integrar els diferents tipus d'informació: mida, color, lluminositat, contrast i moviment relatiu de l'ull. Aquest, analitza i genera altres percepcions: distància, forma, estereopsis i moviment relatiu del cos.
- Correspondència motora, mètode de correspondència binocular sensorial i de funció binocular motora.
- Percepció binocular, que s'obté amb la triangulació dels objectes observats mitjançant el cap, els moviments corporals i la suma d'altres pistes monoculares.

El principal avantatge de la visió binocular respecte la visió monocular és la visió simple i fusionada de les imatges, en comptes de visió doble o alternant dels dos ulls.

La percepció d'estereopsis que es produeix amb una bona visió binocular és un altre avantatge. Podem dir que la visió espacial dels dos ulls junts és molt més bona que la que tenim amb cada ull per separat. Això és degut a les petites diferències que hi ha entre les imatges percebudes, aquestes diferències són degudes a la separació que hi ha entre ambdós ulls. La visió binocular també intervé en la visió espacial: l'atenció visual es pot concentrar en objectes que estan situats en el pla del punt de fixació, permetent distraccions d'un estímul per ser ignorat.

Els sistemes visuals són diferents en les diferents espècies d'éssers vius. Per exemple, les espècies herbívores tenen els ulls col·locats lateralment de manera que els seus camps visuals monoculares no se solapen i tenen un creuament total de la informació dels dos ulls en el quiasma òptica (decussació total). En canvi, les espècies caçadores tenen els ulls col·locats frontalment, de manera que els seus camps visuals monoculares se solapen, obtenint una decussació parcial de la informació en el quiasma òptic. Això permetrà una combinació de la informació dels dos ulls, obtenint la visió binocular <sup>3</sup>.

## 2.2 Vergències ó Reserves fusionals

És important avaluar si la persona presenta *visió binocular* i si té o no l'habilitat de fer els *moviments de vergència* adequadament. Per això, en primer lloc, en un examen clínic s'ha d'avaluar la magnitud de la *fòria* i en segon lloc, la mesura de les *vergències fusionals* o *reserves*.

Si existeix algun tipus de fòria no significa que la persona presenti una disfunció en la visió binocular. És necessari mesurar els moviments de vergència per a determinar si les reserves del sistema visual de l'individu són suficients o no per a compensar la fòria. Això determinarà l'existència o no de símptomes <sup>4</sup>.

### 2.2.1 Tipus de reserves

Existeixen dos tipus de *reserves horitzontals*: la *convergència relativa positiva* i la *convergència relativa negativa*.

La *convergència relativa positiva* (CRP) és la quantitat de *convergència* que es pot posar en joc mantenint el pla d'acomodació i s'avalua estimulant la *convergència* amb prisma de base temporal ( $\Delta$ BT).

La *convergència relativa negativa* (CRN) és la quantitat de *convergència* que un subjecte és capaç de relaxar (*divergència*) sense variar el pla d'acomodació. S'avalua estimulant la *convergència* amb prisma de base nasal ( $\Delta$ BN).

A l'hora de determinar la *convergència relativa positiva* i la *convergència relativa negativa* no es té en compte l'estat de la fòria prèvia del pacient, és per això que també són importants un parell de conceptes, la *convergència fusional positiva* i la *convergència fusional negativa*.

La *convergència fusional positiva* (CFP) en el cas d'exofòries és igual a la *convergència relativa positiva* més el valor de la fòria (que és la demanda de *convergència fusional* que està exercitant constantment). I en cas d'endofòries és igual a la *convergència relativa positiva* menys el valor de la fòria.

La *convergència fusional negativa* (CFN) en el cas d'endofòries serà igual a la *convergència relativa negativa* més el valor de la fòria, aquesta és la demanda de *convergència fusional* que esta exercitant en tot moment. I en el cas d' exofòries serà igual a la *convergència relativa negativa* menys el valor de la fòria <sup>4</sup>.

### 2.2.2 Mètodes de mesura

En col·locar un prisma davant d'un ull aquest gira cap al costat contrari de la base del prisma per tal d'aconseguir un nou estat de *fixació bifoveal*.

Aquesta capacitat, en els moviments horitzontals, es realitza posant prismes d'igual valor davant dels dos ulls i els valors prismàtics obtinguts són bastant grans; podent ser 25 prismes de base temporal ( $\Delta$ BT) i 10 prismes de base nasal ( $\Delta$ BN) <sup>3</sup>. D'altra banda, en els moviments verticals els

*prismes de dissociació* són relativament petits en comparació amb els emprats pels moviments horitzontals o de *convergència* arribant fins a 2 prismes ( $\Delta$ ), o inclús 4 prismes ( $\Delta$ ) <sup>3</sup>.

Els rangs de vergències fusional es poden determinar tant amb prismes rotatoris (Prismes de Risley) com amb la barra de prismes.

En la pràctica optomètrica, la determinació dels prismes diferencials que dissocien els ulls, tant en moviments horitzontals com verticals, es denoten com a *reserves fusionals* o inclús com a *vergències prismàtiques*. El terme de *reserva fusional* fa referència explícitament als límits o reserves que disposa el sistema visual per mantenir la visió simple i el terme de *vergències prismàtiques* descriu el mateix, fent referència a que tal manteniment s'ha de fer amb rotacions oculars de prismes anteposats. Aquestes mesures es realitzen per varies distàncies de fixació, per la determinació de la zona de visió binocular nítida i simple (ZVBNH) i els valors prismàtics obtinguts es denoten també habitualment com a *reserves fusionals positives* (amb prisma de BT) i negatives (amb prisma de BN), deixant apart com a *reserves fusionals verticals* els valors mesurats amb prismes verticals <sup>3</sup>.

Aquesta prova ens serveix per determinar si l'individu pot mantenir la *fusió* a mesura que se li incrementa gradualment la *demanada de vergència*. Aquest examen ens aporta informació de si el pacient és capaç de mantenir la *visió binocular* còmodament <sup>5</sup>.

El test i la distància que utilitzats per a fer la prova varien segons els autors. A continuació s'exposen dos exemples:

- En l'estudi d' *Antona et al (2008)* <sup>6</sup> utilitzen com optotip una columna vertical de lletres d'agudes visual decimal d'Snellen igual a 0.8 en visió llunyana 6 metres i en visió propera a 40 centímetres.
- L'estudi de Goss i Becker (2011) <sup>7</sup> utilitzen optotips d'agudes visual igual a 0.5 en distància propera a 40 centímetres.

En quant al procediment clínic de la mesura de les reserves fusional horitzontals, primer es mesuren les reserves de base nasal BN (produeixen divergència) i després les reserves de base temporal BT (produeixen convergència). L'ordre de les proves serà aquest ja que la mesura de la base temporal pot produir l'adaptació al prisma i, per tant, generar un efecte fusional posterior capaç de fer disminuir temporalment els valors de les mesures en base nasal i donar falsos resultats <sup>8</sup>.

És recomanable comprovar que el valor del prisma obtingut en la mesura clínica de les reserves compensa la fòria del pacient. Així veuríem si hi ha hagut una adaptació al prisma, fent alterar els resultats <sup>8,9</sup>.

La mesura subjectiva és la més habitual a l'hora de mesurar les reserves, tant en visió llunyana com propera. El pacient ha d'indicar a l'examinador quan veu borros el test, doble i quan torna a veure simple el test.

Existeixen dos maneres de mesurar les reserves, a camp tancat utilitzant el foròpter i a camp obert amb la barra de prismes:

- **Camp tancat:** les mesures es realitzen amb els Prismes rotatoris de Risley que estan al foròpter. I el pacient ha d'anar ben compensat.

La potència prismàtica inicialment està a 0 diòptries prismàtiques ( $\Delta$ ) i s'incrementa binocularment i simètricament fins que el pacient ens indiqui que veu borros el test, es segueix augmentant la potència prismàtica fins que el pacient ens indiqui que veu doble el test, llavors s'incrementa 5  $\Delta$  i es comença a disminuir la potència prismàtica fins que el pacient ens indica que veu una imatge simple <sup>6</sup>. El resultat tant en la borrositat, com en la ruptura i la recuperació, és la suma dels dos valors prismàtics. Obtenint resultats tant per les reserves fusional positives com per les negatives.

- **Camp obert:** les mesures es realitzen amb barra de prismes. Els individus porten la compensació òptica necessària en cada cas.

La potència prismàtica inicialment està a 0  $\Delta$  i s'incrementa el valor prismàtic de forma monocular fins que l'individu ens indiqui que veu el test borros, es segueix augmentant la potència prismàtica fins que ens indica que veu dues imatges, en aquell moment s'augmenta la potència en 5  $\Delta$  i tot seguit es va disminuint de nou la potència prismàtica fins que el subjecte en indiqui que veu de nou una única imatge. Aquesta mesura també s'ha de fer tant per les reserves positives com negatives <sup>4</sup>.

Alguns estudis especifiquen que la barra de prismes ha d'anar davant de l'ull dret <sup>4,6</sup>. No obstant, Wesson, M. D. (1982) va examinar el paper de l'ull dominant en els resultats de les reserves. En el seu estudi no va trobar cap diferència estadísticament significativa, per tant, resta importància sobre quin ull es col·loca la barra de prismes.



Es considera la barra de prismes estàndard aquella que té els passos següents: 1Δ, 2Δ, 4Δ, 6Δ, 8Δ, 10Δ, 12Δ, 14Δ, 16Δ, 18Δ, 20Δ, 25Δ, 30Δ, 35Δ i 40Δ<sub>g</sub>.

A l'hora de determinar els rangs de vergències horitzontals tant en visió llunyana com en visió propera s'han d'anotar els valors del prisma en diòptries prismàtiques (Δ) en que s'ha vist el test borros (valor de borrositat), en que s'ha vist una imatge doble del test (valor de ruptura) i quan s'ha tornat a veure una imatge simple del test (valor de recuperació), tant amb prisma de base nasal (BN) com amb prisma de base temporal (BT). Alguns pacients no perceben visió borrosa, en aquests casos passen directament a veure-hi doble, i s'anotarà amb una X el valor de borrositat<sub>4</sub>.

### 2.2.3 Valors de normalitat

Els valors de normalitat en l'amplitud de vergències varien segons els autors. S'ha de tenir en compte la importància de determinar la relació existent entre la demanda constant del sistema visual per a una distància de fixació, és a dir, el valor de la fòria i els valors de les reserves fusionals que es necessitin (Taula 2.1).

Pons, Á.M. i Martínez, F.M., 2004 marquen els valors mínims i màxims de la vergència fusional en visió llunyana a 6 metres, i en visió propera a 33 centímetres:

Valors	Visió de lluny			Visió d'aprop		
	BN	BT	BS / BI	BN	BT	BS / BI
<b>Mínim</b>	7	20	2	16	25	2
<b>Màxim</b>	10	35	4	18	35	4

Taula 2.1: Valors de normalitat màxims i mínims de reserves fusionals en visió llunyana i propera proposats pels autors Álvaro M. Pons et al en el llibre Fundamentos de la Visión Binocular.

Goss, D.A. i Becker, E., (2011)<sub>7</sub> marquen una mitjana dels valors de normalitat de vergència fusional en visió propera a 40 centímetres, diferenciant-se pel mètode de mesura, o bé amb Prismes de Risley en el foròpter o bé amb Barra de prismes (Taula 2.2):

Prismes de Risley		Barra de prismes	
BN	BT	BN	BT
17/20,8/10,9 ±5,7/5/4,9	23/25,9/12,6 ±10,1/9,7/9,4	19,4/21,4/12 ±9,4/9,4/4,1	26,7/28,9/16 ±11/11/7,5

Taula 2.2: Mitjana dels valors de borrositat, ruptura i recuperació de les reserves fusionals (BN i BT) mesurades amb Prismes de Risley i amb barra de prismes, a subjectes entre 18 i 35 anys (Goss, D.A. i Becker, E., 2011)

En la Taula 2.3 es mostren valors de normalitat tant en visió llunyana a 6 metres, com en visió propera a 40 centímetres. Podem destacar-ne els valors de l'autor Morgan (1944) ja que són els més utilitzats en la pràctica clínica actual. Val a dir que utilitza els prismes de Risley en el foròpter com a instrument, i una columna de lletres com a test<sub>12</sub>.

Autors	Visió llunyana (6 m)		Visió propera (40 cm)	
	BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )	BN ( $\Delta$ )	BT ( $\Delta$ )
<b>Morgan (1944)</b>	$x/7/4 \pm x/3/2$	$9/19/10 \pm 4/8/4$	$13/21/13 \pm 4/4/5$	$17/21/11 \pm 5/6/7$
<b>Lesser</b>	$x/9/5$	$8/19/10$	$14/22/18$	$15/21/15$
<b>Sheedy i Saladin (1978)</b>	$x/8/5 \pm x/3/3$	$15/28/20 \pm 7/10/11$	$14/19/13 \pm 6/7/6$	$22/30/23 \pm 8/12/11$

Taula 2.3: Valors de normalitat proposats per diferents autors. (Borràs, M.R. et al, 1999) (Grosvenor, T.P., 2007)

## 2.3 Flexibilitat de vergències

La flexibilitat de vergències és la mesura de la velocitat amb la qual una persona pot recuperar la fusió o mantenir la visió binocular en presència de canvis ràpids de demanda de vergència, tant en convergència com en divergència.

Es duu a terme amb un prisma de base nasal ( $3\Delta$  BN) amb el qual estímulen la divergència i amb un prisma de base temporal ( $12\Delta$  BT) amb el qual estímulen la convergència, que es posen alternadament davant dels ulls.

Es pot dur a terme amb prismes solts subjectats per les mans de l'instructor i posant un prisma davant de l'ull dret, i l'altre prisma davant de l'ull esquerre; o bé, al mercat existeixen combinacions prismàtiques unides per a la flexibilitat de vergències que ens permeten reduir el temps que perdem en canviar els prismes. Aquestes combinacions estan muntades de tal forma que tenen un mànec col·locat en un dels costats per a facilitar la feina de l'instructor. (Figura 2.2)



Figura 2.2: Estri utilitzat en la flexibilitat de vergències comercialitzat per Gulden Ophthalmics 13

### 2.3.1 Mètodes de mesura

Aquesta prova consisteix en provocar alternativament convergència i divergència forçades, ho aconseguirem alternant prismes de base externa i base interna, davant d'un o dels dos ulls.

Pel que fa al mètode, el pacient s'ha de fixar constantment un test de visió propera d'AV de 0,9 de demanda acomodativa constant en visió propera, alhora que l'instructor posa prismes davant d'un dels dos ulls.

El pacient ha d'aconseguir fusionar el test, és a dir, l'ha de veure simple i nítid. Quan ho ha aconseguit se li posa el prisma de base contrària i ha de tornar a fusionar la imatge. Per tant, es canvia el prisma alternant de base nasal al de base temporal durant un minut un cop el pacient ha fusionat el test.

L'anotació dels resultats es fa en cicles per minut (cpm), essent un cicle la fusió del test amb el prisma de BN i amb el de BT <sup>5</sup>.

En quant a l'elecció de l'ull en el qual col·locarem el prisma varia en les diverses fonts bibliogràfiques. Per exemple, en l'estudi de Mel, A. C. I Firth, A. Y. 2002, va ser una elecció aleatòria, és a dir, en uns pacients se'ls va col·locar els prismes davant l'ull dret i en uns altres sobre l'ull esquerre.

Per a l'elecció del test de fixació també hi ha variacions en les diverses fonts bibliogràfiques. Ens hem fixat en tres estudis:

- L'estudi de McDaniel, C. I Fogt, N. 2010, utilitza com a optotip un test de columna de lletres amb una agudesia visual igual a 20/30 a 16 polzades de distància (40.6 cm) <sup>5</sup>.
- L'estudi de Mel, A. C. I Firth, A. Y. 2002, utilitza com a optotip una lletra d'Snellen d'agudesia visual igual a 0.6 a una distància de 33 cm <sup>15</sup>.
- L'estudi de Gall et al. 1998, va comparar diferents tests verticals a una distància de 40cm. Els tests emprats van ser: una columna de lletres verticals d'agudesia visual igual a 0.6, una targeta anaglífica retroil·luminada, i els cercles Wirth.

En aquest estudi es va determinar la importància de l'elecció de l'optotip per al control de la supressió. El resultat obtingut en la flexibilitat de vergències en visió propera va ser que existeix independència en el test utilitzat, considerant apropiada una columna de lletres d'agudesia visual 0.6 <sup>16</sup>.

### 2.3.2 Valors de normalitat

Els valors de normalitat varien segons la potència prismàtica emprada. En les fonts bibliogràfiques podem trobar una falta de consens i manca de normativa sobre la potència prismàtica que s'ha d'utilitzar <sup>5</sup>. (Taula 2.4)

Valors de normalitat segons diversos autors:

Autors	Potència prismàtica ( $\Delta$ )	Cicles per minut (cpm)	Observacions
ROSNER (VL)	6BN/12BT	6cpm	Alternar BN i pla Alternar BT i pla
ROSNER (VP)	12BN/14BT	6cpm	Alternar BN i pla Alternar BN i pla
PIERCE (VP)	8BN/8BT	7,5cpm	Alternar BN i BT
GRIFFIN (VP)	5BN/15BT	20cpm	Alternar BN i BT
BUZZELI (VP)	4BN/16BT	5cpm	Alternar BN i BT de 5 a 14 anys
JACOBSEN (VP)	5 BN/15BT	8,6cpm	Alternar BN i BT Edat: joves adults

Taula 2.4.: Valors de normalitat de diversos autors emprant diverses combinacions de potències prismàtiques (Borràs, M.R. et al, 1999)

Gall et al.1998 <sup>15</sup>, van realitzar el primer estudi sistemàtic per a trobar la magnitud a emprar en la realització de la prova de flexibilitat de vergències. El resultat va ser una magnitud de 3 $\Delta$ BN i 12 $\Delta$ BT. Aquesta combinació de prismes és molt adient per a distingir els subjectes simptomàtics

dels no asimptomàtics. El resultat esperat amb aquests valors és 15 cpm, ja que és la suma dels dos prismes.

### 2.4 Estudi de la repetibilitat i reproductibilitat

A continuació s'indiquen les diferents fonts de variabilitat que afecten tant a la repetibilitat com a la reproductibilitat. Seguidament s'expliquen detalladament la repetibilitat i la reproductibilitat.

#### 2.4.1 Fonts de variabilitat

A la pràctica clínica, els resultats d'una prova realitzada en diverses ocasions poden variar degut a tres motius:

- Variabilitat segons el mètode o instrument de mesura: Es deu a factors ambientals com ara la temperatura o soroll de fons, per un error en el calibratge de l'instrument, per una baixa interacció entre l'examinador i el pacient, entre d'altres.
- Variabilitat segons els subjectes estudiats: Es deuen a factors biològics de cada individu. Aquests canvis poden ser per diverses raons com ara els canvis fisiològics de l'individu, per la falta d'atenció, pels canvis d'humor, pel cansament, per l'estrés, pel temps transcorregut entre les mesures, entre d'altres. Per tant, és molt important disminuir la variabilitat dels subjectes, fent que les condicions d'examen siguin el màxim d'identiques possible i que el temps entre mesures sigui l'adequat.
- Variabilitat segons l'examinador: Es deuen a que les diverses mesures s'han pres per diferents examinadors. Cada examinador és diferent i per tant, dona instruccions lleugerament diferents, la utilització de l'instrument pot ser diferent, els resultats es poden interpretar diferent, l'angle d'observació pot variar, inclús el grau d'experiència dels examinadors pot influir.

Les fonts de variabilitat o variació no es poden eliminar completament, encara que es poden minimitzar per a que el seu efecte sigui relativament petit comparat amb la variació dels resultats entre subjectes.

La repetibilitat no és una propietat intrínseca de l'instrument o prova, sinó que aquesta depèn de la població estudiada i la seva variabilitat. Per a poder minimitzar les fonts de variació es poden realitzar diferents pautes:

- Elaborar i lliurar als pacients un protocol de mesura on es detalli les instruccions de realització de les proves.
- Realitzar aleatòriament les proves.
- Repetir les mesures de cada prova.
- Afinar i calibrar els instruments en cas d'aparells mecànics o electrònics.

### 2.4.2 Repetibilitat

La repetibilitat és la semblança que trobem entre els resultats obtinguts de mesures consecutives de la mateixa magnitud i efectuades en les mateixes condicions de mesura <sup>16, 17</sup>.

Les condicions de repetibilitat han de ser:

- Mateix observador
- Mateix procediment de mesura
- Mateix instrument de mesura
- Utilització sota iguals condicions
- Mateix lloc
- Repetició en període curt de temps

La repetibilitat es pot expressar de manera quantitativa en funció de les característiques de dispersió dels resultats.

Els factors que afecten la repetibilitat són:

- Mida del test
- Facilitat en fer la mesura
- Rang de variació de la mesura
- Grau de precisió dels instruments

En el nostre estudi es realitzen les mesures dues vegades pel mateix examinador en dues setmanes consecutives.

### 2.4.3 Reproductibilitat

La reproductibilitat és la capacitat d'una prova de ser reproduïda o replicada, és a dir, la semblança entre els resultats de les mesures de la mateixa magnitud i mesurades amb el mateix mètode, efectuant-se sota diferents condicions de mesura <sup>16, 17</sup>.

Per a la seva validesa, hem d'especificar quines són les condicions que varien:

- Examinador
- Mètode de mesura
- Instrument de mesura
- Patró de referència
- Hàbitat
- Condicions d'ús

La reproductibilitat es pot expressar de manera quantitativa en funció de les característiques de dispersió dels resultats. En el nostre estudi hi ha dues condicions que varien: l'examinador i les sessions, per tant, la resta de variables són les mateixes: mètode de mesura, instruments, condicions d'ús, etc.

## 2.5 Anàlisi estadístic

En aquest apartat es fa una descripció general dels mètodes emprats en l'estudi: el Coeficient de Correlació de Pearson i el Coeficient de Correlació Interclasse (CCI).

### 2.5.1 Mètode estadístic del coeficient de Correlació de Pearson

El coeficient de Correlació de Karl Pearson  $r$  és el càlcul estadístic més comú per analitzar dades paramètriques amb distribució normal<sup>18</sup>. Aquest mesura la intensitat de l'associació lineal entre dues variables, és a dir la correlació, però no proporciona informació sobre l'acord observat, ni sobre la presència de diferències sistemàtiques entre els mesuraments o instruments. El seu ús no és adequat per estimar la repetibilitat entre dues variables ja que es poden obtenir resultats de  $r$  molt propers a 1 i que la dispersió dels punts de la gràfica estiguin desplaçats<sup>19</sup>.

La magnitud del coeficient indica el grau d'associació entre les variables. Aquest coeficient oscil·la entre 0 i 1 en valor absolut, és a dir, de -1 a +1. El valor de +1 indica una correlació perfecte i directe, per exemple relacionada amb ella mateixa, en canvi, el valor de -1 indica una correlació perfecte però inversa. El valor de  $r = 0$ , significa absència de correlació entre les variables o independència de les variables<sup>18</sup>. (Taula 2.5)

Coeficient de Correlació de Pearson	
$r$	Interpretació
0.8 – 1.0	Molt bo
0.6 – 0.8	Bo
0.4 – 0.6	Moderat
0.2 – 0.4	Dèbil
0.0 – 0.2	Molt dèbil

Taula 2.5: Interpretació dels valors del coeficient de correlació de Pearson (Prion, S. i Haerling, K.A, 2014)

Cal destacar que en la relació de les variables no hi intervé la casualitat. Els càlculs de correlació s'utilitzen en estudis experimentals els quals no es poden dur a terme per raons ètiques o estructurals. Podem tenir una correlació molt alta però no podem afirmar que una variable és causa de l'altra. Només podem reportar la força i la direcció de la relació. Encara que podem prendre decisions quan trobem una interferència, és a dir, decidir quina variable pot influir sobre l'altra basada en un anàlisi de sentit comú d'estudis de fenòmens<sup>18</sup>.

### 2.5.2 Mètode estadístic del Coeficient de Correlació Interclasse (CCI)

El mètode CCI estima el promig de les correlacions entre totes les possibles variables. Aquest coeficient s'utilitza generalment per a valorar la concordança entre dues o més mesures



continues, que es realitzen de forma repetida a una sèrie d'individus. Per tant, ens dóna una idea de la repetibilitat i fiabilitat de les variables.

El càlcul es basa en una fórmula d'un model d'anàlisi de varianza d'efectes aleatoris d'un factor (ANOVA). Per tant, el coeficient CCI es calcula com la proporció que suposa la varianza entre subjectes o entre sessions.

Els valors del coeficient van de 0 a 1. Si el valor és proper a la unitat indicaria una concordança absoluta entre les mesures en canvi, un valor igual a 0 ens indicaria que no existeix concordança. A la taula 2.6, proposada per Fleiss (1986), podem veure la interpretació del coeficient de correlació interclasse CCI<sub>20</sub>.

Valor de CCI	Interpretació
>0.90	Molt bona
0.71-0.90	Bona
0.51-0.70	Moderada
0.31-0.50	Mediocre
<0.30	Dolenta o nul·la

Taula 2.6: Interpretació dels valors del Coeficient de Correlació Interclasse ICC proposat per Fleiss, 1986.

### 3. OBJECTIUS

L'objectiu principal d'aquest treball és estudiar, en una mostra de joves universitaris, la repetibilitat i la reproductibilitat de les reserves horitzontals i de la flexibilitat de vergències en visió propera, utilitzant els següents mètodes subjectius de mesura:

- Von Graeffe amb el test d'una única lletra
- Von Graeffe amb el test d'una columna de lletres
- Barra de prismes amb el test d'una única lletra
- Flexibilitat de vergències

També tindrem en compte una sèrie d'objectius específics:

- Analitzar la variabilitat en les mesures dels subjectes estudiats. La repetibilitat de les mesures es determinarà comparant els resultats obtinguts per un mateix examinador en realitzar les proves en dues sessions diferents, amb una setmana de diferència.
- Analitzar la variabilitat en les mesures de l'examinador. La reproductibilitat de les mesures es determinarà comparant els resultats obtinguts per dos examinadors diferents, en realitzar les proves en la mateixa sessió, amb la mateixa mostra i utilitzant la mateixa metodologia.
- Comparar els resultats obtinguts de les reserves fusionals i de la flexibilitat de vergències amb altres estudis de característiques similars.

Per tant, volem conèixer quins són els mètodes més repetitius i reproductius per a facilitar la selecció de proves en la pràctica clínica i actualitzar els criteris de normalitat.

## 4. MÈTODE EXPERIMENTAL

En aquest apartat parlarem sobre la mostra seleccionada, la instrumentació emprada en cada examen, el compromís ètic i social i, finalment, explicarem el protocol de mesura.

### 4.1 Compromís ètic i social

Abans de realitzar un treball d'investigació hem de conèixer els requisits ètics, jurídics i legals, especialment quan la investigació es realitza en éssers humans.

El nostre estudi es basarà en la Declaració de Helsinki <sup>21</sup> ja que l'Associació Mèdica Mundial (AMM) ha promulgat la Declaració de Helsinki com la proposta de principis ètics per a la investigació mèdica en éssers humans, inclosa la investigació del material humà i la informació identificable.

La Declaració de Helsinki és un document internacional molt important en l'ètica de la investigació biomèdica aplicable des de juny de 1964 que s'utilitza quan es duen a terme estudis amb éssers humans. Es realitza una explicació del projecte i del mètode, representats en un protocol a seguir en l'estudi, incloent l'anàlisi de possibles riscos i beneficis obtinguts en altres estudis semblants. Aquest estudi queda exclòs de qualsevol risc, ja que en cap moment les probes són invasives, en cap moment mantenim contacte amb l'ull del pacient.

Un aspecte legal important és la protecció de dades de cada pacient, durant la realització d'aquest treball s'ha complert, d'acord amb la normativa espanyola, la "Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal" <sup>22</sup>.

Els individus presents en l'estudi són individus voluntaris, als quals se'ls ha explicat amb anterioritat tota la informació prèvia a l'estudi. L'individu haurà llegit i firmat el full del consentiment informat, on es troba tota la informació detallada (ANNEX I).

Finalment, abans de començar la realització de la prova, ens assegurarem de que el pacient hagi entès tota la informació donada i explicada, en cas afirmatiu podrem començar la prova. Igualment, s'ha demanat el consentiment per a la recol·lecció, anàlisi, emmagatzematge, tractament i reutilització de dades clíniques recollits mantenint en tot moment la seva exactitud i resultat obtinguts en la prova.

### 4.2 Selecció de la mostra

La mostra seleccionada per realitzar aquest treball són 53 estudiants de tercer curs de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa. La selecció es va fer al febrer del 2014.

Els requisits que els subjectes havien de complir per formar part de l'estudi són:

- Edat compresa entre 20 i 25 anys.
- Agudesa visual monocular igual a la unitat en visió propera.

- Presentar un error refractiu entre +6.00 i -6.00 DE, i un astigmatisme inferior o igual a 3.00 DC.
- Dur la compensació optomètrica corresponent durant la realització de les mesures, en el cas dels pacients ametrops.
- No presentar antecedents d'estrabisme o ambliopia.
- No presentar antecedents de patologies oculars.
- No haver estat sotmès a cirurgia ocular.

Una vegada complien els requisits establerts en el nostre estudi, van signar el consentiment informat i se'ls va afegir a la fitxa de registre de la mostra.

### 4.3 Protocol de mesura

A tots els pacients de la mostra se li feien les mateixes proves però de forma aleatòria.

Les condicions de treball van ser:

- Un únic examinador, jo mateixa.
- Sempre es va utilitzar el mateix material per a realitzar les mesures.
- El pacient anava amb la seva compensació habitual: ulleres, LC o bé, sense correcció.
- El pacient ha d'estar amb el cap recte i també l'esquena, tot ell ben recolzat a la cadira.
- Les condicions d'il·luminació ambientals del gabinet eren fotòpiques i la il·luminació sobre l'optotip eren de 450 Lux.
- La mida de la lletra que es va utilitzar en els optotips era d'agudesa visual 0,9 a 40 cm en VP (Figura 4.1)

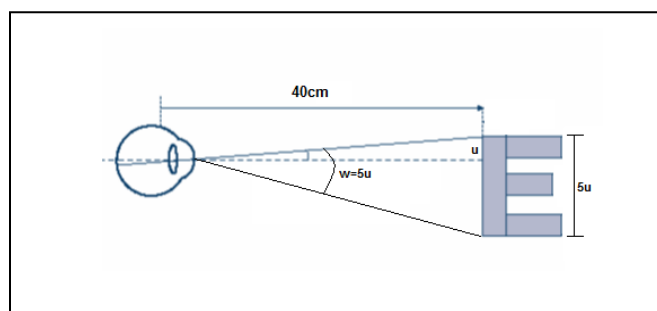


Figura 4.1 Mesura de l'agudesa visual (AV)

El protocol de mesura es va organitzar en tres blocs:

- **Bloc I:** contenia les proves de mesura de les reserves fusionals horitzontals realitzades amb el mètode Von Graeffe i escollint aleatòriament el test. Els tests podien ser lletra única, anomenat Mètode de mesura 1, o columna de lletres, anomenat Mètode de mesura 2.

- **Bloc II:** contenia la prova de mesura de les reserves fusional horitzontals realitzades amb barra de prismes utilitzant el test de lletra única, anomenat Mètode de mesura 3.
- **Bloc III:** contenia la prova de mesura de flexibilitat de vergències utilitzant el test de columna de lletres.

Les fitxes d'anotació dels resultats contenien els tres blocs disposats aleatòriament, i s'indicava el nom de l'examinador i del pacient, el número de sessió i la data de realització.

### Bloc I: Reserves fusional horitzontals

#### Mètode de Mesura 1: *Von Graeffe amb test de lletra única*

En primer lloc vam comprovar que el pacient portés la seva correcció optomètrica posada i vam col·locar el test d'una lletra a 40 cm mitjançant la barra de subjecció del foròpter. Vam ajustar la distància naso-pupilar al pacient i vam col·locar els prismes de Risley en vertical a 0Δ davant de cada un dels ulls. Així el pacient va començar el test en visió simple.

A cada pacient li vam donar unes indicacions sobre com donar les respostes.

L'ordre de les mesures sempre va ser el mateix: primer es van mesurar les reserves amb prismes de base nasal i després les reserves amb prismes de base temporal.

En cada direcció el pacient havia d'indicar quan en veïés dues imatges mitjançant la paraula DOBLE, i avisar quan en tornés a veure una sola imatge mitjançant la paraula SIMPLE.

En primer lloc, es mesuraven les reserves fusional negatives, es van augmentant els prismes de Risley de base nasal (BN) en els dos ulls per igual, fins que el pacient deia que hi veia DOBLE, aquest és el valor de **ruptura**, que és la suma del valor dels dos prismes. Seguïem augmentant el valor dels prismes de BN en 5Δ per a cada ull, per assegurar visió doble mantinguda, tot seguit disminuïem binocularment el valor prismàtic de BN fins que el pacient ens indicava de nou que hi veia una única imatge, el valor de **recuperació** és la suma del valor prismàtic dels dos ulls. El valor de ruptura correspon a la màxima amplitud de divergència que pot realitzar el subjecte. El valor de la recuperació correspon al valor prismàtic que permet tornar a fusionar les dues imatges, visió simple.

La mesura de la reserva fusional negativa es realitza tres vegades seguides, i s'anota el resultat obtingut en cada mesura.

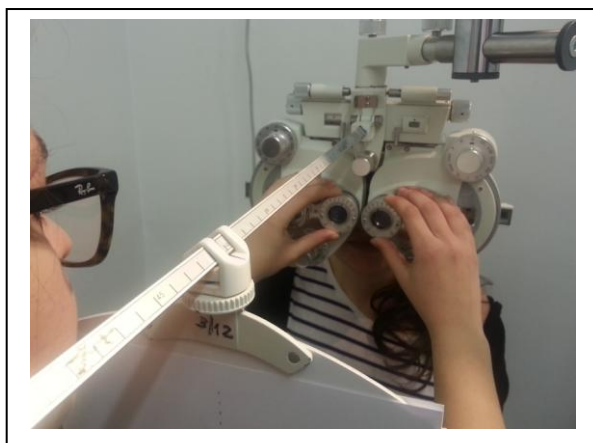


Figura 4.2. Mètode Von Graeffe amb test lletra única

Tot seguit es mesuraven les reserves fusional positives amb prismes de base temporal (BT). El procediment a dur a terme va ser el mateix però en aquest cas afegint prismes de BT; es van augmentant els prismes de Risley de base temporal (BT) en els dos ulls per igual, fins que el pacient deia que hi veia DOBLE, aquest és el valor de **ruptura**, que és la suma del valor dels dos prismes. Seguíem augmentant el valor dels prismes de BT en  $5\Delta$  per a cada ull, per assegurar visió doble mantinguda, tot seguit disminuïem binocularment el valor prismàtic de BT fins que el pacient ens indicava de nou que hi veia una única imatge, el valor de **recuperació** és la suma del valor prismàtic dels dos ulls. El valor de ruptura correspon a la màxima amplitud de divergència que pot realitzar el subjecte. El valor de la recuperació correspon al valor prismàtic que permet tornar a fusionar les dues imatges, visió simple.

La velocitat en l'augment prismàtic era de dos diòptries per segon.

La mesura de la reserva fusional positiva es realitza tres vegades seguides, i s'anota el resultat obtingut en cada mesura.

En la fitxa de resultats anotem el valor de mesura de ruptura i recuperació, obtingut tant en les reserves fusional negatives com positives.

### **Mètode de Mesura 2: Von Graeffe amb test de columna de lletres**

Vam realitzar les mesures de les reserves horitzontals en les dues direccions dels prismes, una amb prismes de BN i l'altre amb prismes de BT. Obtenint els valors de ruptura i recuperació per a cadascun d'ells i realitzant les mesures tres vegades per a cada prisma.

Vam comprovar que el pacient portés la seva correcció optomètrica posada i vam col·locar el test de la columna de lletres vertical a 40 cm mitjançant la barra de subjecció del foròpter. Vam ajustar la distància naso-pupilar al pacient i vam col·locar els prismes de Risley vertical a  $0\Delta$ . Així el pacient va començar el test en visió simple.

En primer lloc, es mesuraven les reserves fusional negatives, es van augmentant els prismes de Risley de base nasal (BN) en els dos ulls per igual, fins que el pacient deia que hi veia DOBLE, aquest és el valor de **ruptura**, que és la suma del valor dels dos prismes. Seguíem augmentant el valor dels prismes de BN en  $5\Delta$  per a cada ull, per assegurar visió doble mantinguda, tot seguit disminuïem binocularment el valor prismàtic de BN fins que el pacient ens indicava de nou que hi veia una única imatge, el valor de **recuperació** és la suma del valor prismàtic dels dos ulls. El valor de ruptura correspon a la màxima amplitud de divergència que pot realitzar el subjecte. El valor de la recuperació correspon al valor prismàtic que permet tornar a fusionar les dues imatges, visió simple.

La mesura de la reserva fusional negativa es realitza tres vegades seguides, i s'anota el resultat obtingut en cada mesura.

Tot seguit es mesuraven les reserves fusional positives amb prismes de base temporal (BT). El procediment a dur a terme va ser el mateix però en aquest cas afegint prismes de BT; es van augmentant els prismes de Risley de base temporal (BT) en els dos ulls per igual, fins que el



pacient deia que hi veia DOBLE, aquest és el valor de **ruptura**, que és la suma del valor dels dos prismes. Seguïem augmentant el valor dels prismes de BT en  $5\Delta$  per a cada ull, per assegurar visió doble mantinguda, tot seguit disminuïem binocularment el valor prismàtic de BT fins que el pacient ens indicava de nou que hi veia una única imatge, el valor de **recuperació** és la suma del valor prismàtic dels dos ulls. El valor de ruptura correspon a la màxima amplitud de divergència que pot realitzar el subjecte. El valor de la recuperació correspon al valor prismàtic que permet tornar a fusionar les dues imatges, visió simple.

La velocitat en l'augment prismàtic era de dos diòptries per segon.

La mesura de la reserva fusional positiva es realitza tres vegades seguides, i s'anota el resultat obtingut en cada mesura.

En la fitxa de resultats anotem el valor de mesura de ruptura i recuperació, obtingut tant en les reserves fusionals negatives com positives.

### Bloc II: Reserves fusionals horitzontals

#### Mètode de Mesura 3: Barra de prismes amb test de lletra única

Vam realitzar les mesures de les reserves horitzontals en les dues direccions dels prismes, una amb prismes de BN i l'altre amb prismes de BT. Obtenint els valors de ruptura i recuperació per a cadascun d'ells i realitzant les mesures tres vegades per a cada prisma.

Vam comprovar que el pacient portés la seva correcció optomètrica posada i vam col·locar el test d'una lletra a 40 cm mitjançant la pinça de subjecció del regle Royal Air Force (Figura 4.3).

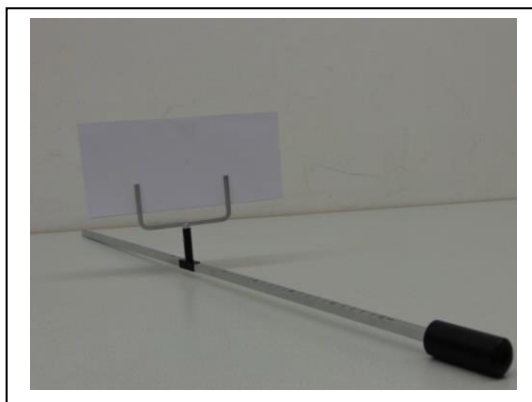


Figura 4.3. Regle Royal Air Force (RAF)

El pacient havia de subjectar el regle RAF amb les dues mans sobre la barbeta mentre li col·locàvem la barra de prismes davant l'ull dret totalment recta i sense induir cap efecte prismàtic.

Vam posar davant l'ull dret la barra de prismes a  $0\Delta$ , així el pacient va començar amb visió simple.

En primer lloc, es mesuraven les reserves fusional negatives, es van augmentant els prismes de base nasal (BN) de la barra de prismes col·locada davant de l'ull dret, fins que el pacient deia que hi veia DOBLE, aquest és el valor de **ruptura**. Seguïem augmentant el valor dels prismes de BN en  $5\Delta$ , per assegurar visió doble mantinguda, tot seguit disminuïem el valor prismàtic de BN fins que el pacient ens indicava de nou que hi veia una única imatge, el prisma obtingut és el valor de **recuperació**. El valor de ruptura correspon a la màxima amplitud de divergència que pot realitzar el subjecte. El valor de la recuperació correspon al valor prismàtic que permet tornar a fusionar les dues imatges, visió simple.

La mesura de la reserva fusional negativa es realitza tres vegades seguides, i s'anota el resultat obtingut en cada mesura.

Tot seguit es mesuraven les reserves fusional positives amb prismes de base temporal (BT). El procediment a dur a terme va ser el mateix però en aquest cas afegint prismes de BT; es van augmentant els prismes de base temporal (BT) de la barra de prismes, fins que el pacient deia que hi veia DOBLE, aquest és el valor de **ruptura**. Seguïem augmentant el valor dels prismes de BT en  $5\Delta$  per a cada ull, per assegurar visió doble mantinguda, tot seguit disminuïem el valor prismàtic de BT fins que el pacient ens indicava de nou que hi veia una única imatge, el prisma obtingut és el valor de **recuperació**. El valor de ruptura correspon a la màxima amplitud de divergència que pot realitzar el subjecte. El valor de la recuperació correspon al valor prismàtic que permet tornar a fusionar les dues imatges, visió simple.

La velocitat en l'augment prismàtic era de dos diòptries per segon.

La mesura de la reserva fusional positiva es realitza tres vegades seguides, i s'anota el resultat obtingut en cada mesura.

En la fitxa de resultats anotem el valor de mesura de ruptura i recuperació, obtingut tant en les reserves fusional negatives com positives.

### Bloc III: Flexibilitat de Vergència

#### *Flexibilitat de vergències amb test de columna de lletres*

Vam dur a terme la mesura de la flexibilitat de vergències amb prismes de potència  $3\Delta$ BN i  $12\Delta$ BT durant un minut, mesurant-ho amb un cronòmetre. La mesura de la flexibilitat de vergència només va ser mesurada una única vegada en cada subjecte.

Vam comprovar que el pacient portés la seva correcció optomètrica posada i vam col·locar el test d'una lletra a 40 cm mitjançant la pinça de subjecció del regle Royal Air Force (RAF). El pacient havia de subjectar el regle RAF amb les dues mans sobre la barbeta mentre li col·locàvem alternativament els prismes davant l'ull dret totalment rectes, per no induir cap efecte prismàtic.

A cada pacient li vam donar unes indicacions sobre com donar les respostes.

Vam preguntar al pacient si veia una sola imatge i nítida, en obtenir resposta afirmativa vam començar la prova i li vam posar el prisma de  $3\Delta$ BN davant l'ull dret. Vam indicar que podria veure la imatge borrosa o doble, però que ell ens havia d'avisar quan veies una única imatge, i

ens ho indicava amb la paraula “JA”. En aquell moment canviaríem el prisma a 12ΔBT sobre el mateix ull, fins que tornés a veure una única imatge i ens ho indiqués de nou amb la paraula “JA”. I així successivament durant un minut.

El resultat ha de ser anotat amb cicles per minut (Cpm), on n cicle és veure fusionat amb el BN/BT.

### 4.4 Instrumentació

A continuació es descriu breument la instrumentació utilitzada per a cada mètode.

#### 4.4.1 Reserves horitzontals amb Von Graeffe

En el Mètode mesura 1 del Bloc I, on mesuràvem les reserves de vergències horitzontals amb el mètode de Von Graeffe i el test d'una lletra, vam utilitzar els prismes de Risley disposats en el foròpter (Figura 4.4). Amb l'ajut del foròpter vam col·locar la barra mil·limetrada en el suport superior i, així, poder ajustar el test a 40 cm. El test utilitzat va ser una lletra de font Times New Roman de mida 4.5, la més equivalent a l'agudesia visual igual a 0.7 (la mida exacte seria 4.57).

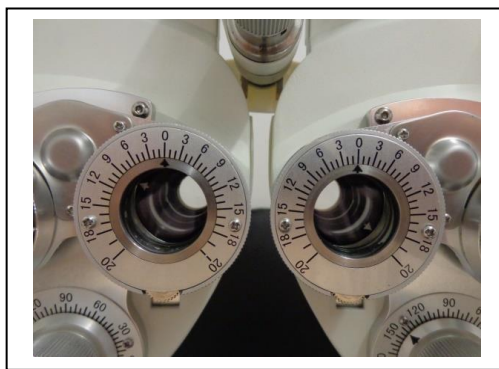


Figura 4.4. Prismes de Risley del foròpter

En el mètode de mesura 2 del Bloc I, vam utilitzar els prismes de Risley, la barra mil·limetrada del foròpter, explicats anteriorment, i un test amb una columna de lletres verticals d'agudesia visual igual a 0.7. La mida de les lletres de font Times New Roman era la mateixa que en el cas del test d'una sola lletra: 4.5.

#### 4.4.2 Reserves horitzontals amb barra de prismes

En el mètode de mesura 3 del Bloc II, vam utilitzar el regle Royal Air Force, la barra de prismes horitzontals i el test d'una sola lletra. El regle Royal Air Force és un regle mil·limetrat d'acer que en un extrem porta una base de plàstic per a poder recolzar-se sobre la barbeta del pacient mentre s'aguanta amb les mans. A més, duu un suport que llisca per la barra d'acer per a poder aguantar els test, i gira sobre si mateix per a utilitzar dos testos a la vegada, i així ser més còmode. La barra de prismes horitzontals es caracteritza per passar de 1Δ a 2Δ, de 4Δ a 20Δ en passos de 2Δ, i de 20Δ a 40Δ en passos de 5Δ.

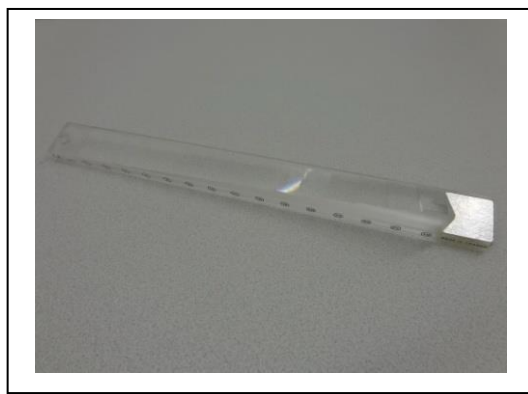


Figura 4.5. Barra de prismes

### 4.4.3 Flexibilitat de vergències

En el bloc III on es va mesurar la flexibilitat de vergències, es va utilitzar un cronòmetre per a calcular el temps exacte de la prova: 1 minut, el regle RAF explicat anteriorment, el test de la columna de lletres amb agudesa visual 0.7, i per últim, un prisma de 3 $\Delta$ BN i un prisma de 12 $\Delta$ BT amb les bases oposades units a un mànec d'acer.

A la Taula 4.1 hem agrupat el material utilitzat en el nostre estudi segons el mètode utilitzat:

Instruments utilitzats en l'estudi		
Bloc	Mètode	Material
I	1: Von Graeffe + 1 lletra	Prismes de Risley Test 1 lletra AV=0.7 Barra mil·limetrada del fotòpter
	2: Von Graeffe + columna lletres	Prismes de Risley Test columna de lletres AV=0.7 Barra mil·limetrada del fotòpter
II	3: Barra de prismes + 1 lletra	Regle Royal Air Force Barra de prismes horitzontal Test 1 lletra AV=0.7
III	Flexibilitat de vergències + columna de lletres	Cronòmetre Regle RAF Test columna de lletres AV=0.7 Prisma 3 $\Delta$ BN i 12 $\Delta$ BT units

Taula 4.1. Material utilitzat en el nostre estudi per a cada prova

## 5. RESULTATS

En aquest apartat es mostren els resultats obtinguts en el nostre estudi. Primer es fa una descripció de la mostra seleccionada i l'estudi descriptiu, amb la mitjana dels resultats i la desviació estàndard. També es mostra l'anàlisi de repetibilitat per als mètodes de la Correlació de Pearson i el Coeficient de Correlació Interclasse (CCI). En cada cas s'estudia per separat la reproductibilitat intra-subjectes i la repetibilitat inter-examinador.

A la Taula 5.1 es descriuen les abreviacions dels mètodes per a la realització de les taules i les gràfiques d'aquest apartat:

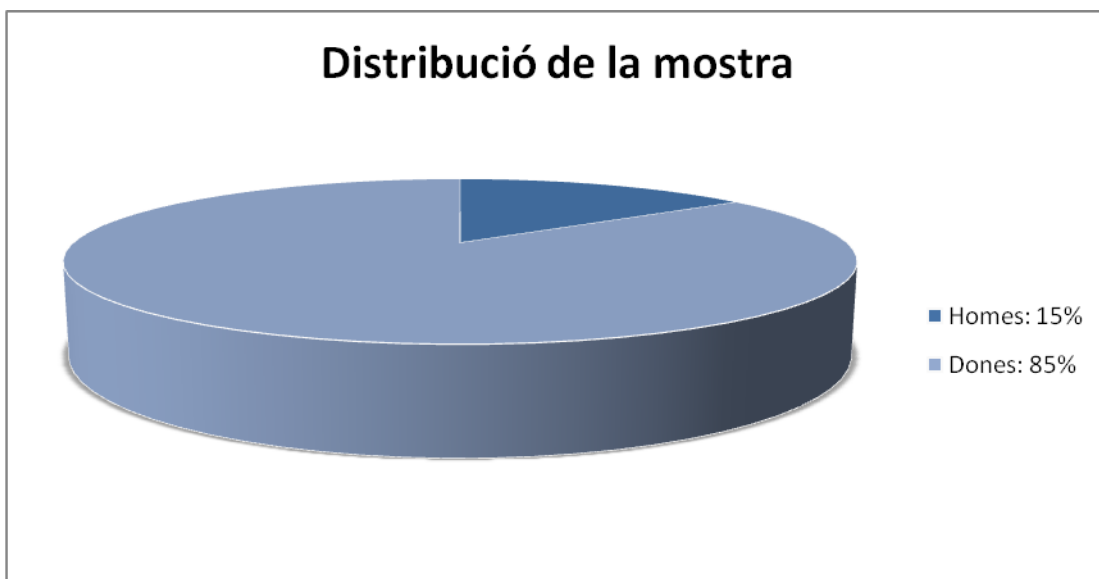
Abreviació	Nom del mètode
<b>Mètode 1: VG 1 lletra</b>	Von Graeffe i test d'una lletra
<b>Mètode 2: VG columna</b>	Von Graeffe i test d'una columna
<b>Mètode 3: Barra 1 lletra</b>	Barra de prismes i test d'una lletra
<b>FV columna</b>	Flexibilitat de vergències i test d'una columna

Taula 5.1 Abreviacions dels mètodes utilitzats en el nostre estudi per a la realització de les taules i gràfiques.

### 5.1 Anàlisi descriptiu

#### 5.1.1 Descriptius de la mostra

La mostra del nostre estudi és una població de 53 estudiants de tercer curs de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa. L'edat mitjana de la mostra és de  $21,95 \pm 1,61$  anys, éssent 8 homes (15%) i 45 dones (85%). La diferència percentual entre sexes va ser degut a que la mostra seleccionada va ser dins un grup on el percentatge de dones era superior al d'homes.



Gràfic 5.1: Distribució en tant per cent del sexe en la mostra

### 5.1.2 Descriptius variables

Per a cada sessió i examinador es realitza la mitjana i la desviació estàndard (Sd) que es mostren a les següents taules:

#### Sessió 1 – Examinador 1:

Mètode	Base Nasal				Base Temporal			
	Ruptura		Recuperació		Ruptura		Recuperació	
	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )
1 (VG 1 lletra)	11.98	4.71	7.93	4.49	20.17	10.17	12.37	10.99
2 (VG columna)	15.50	4.88	10.58	4.52	25.05	8.97	14.94	10.59
3 (Barra 1 lletra)	12.97	3.42	9.49	3.28	26.88	10.27	22.95	11.07

Taula 5.2: Descriptius variables aplicats al mètode 1, 2 i 3 en la sessió 1 per a l'examinador 1.

Mètode	Mitjana	Sd
FV columna	17.06	5.18

Taula 5.3: Descriptius variables aplicats al mètode de Flexibilitat de Vergències en la sessió 1 i per a l'examinador 1.

#### Sessió 2 – Examinador 1:

Mètode	Base Nasal				Base Temporal			
	Ruptura		Recuperació		Ruptura		Recuperació	
	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )
1 (VG 1 lletra)	12.88	5.32	7.72	4.51	22.46	8.58	13.42	9.07
2 (VG columna)	16.08	5.35	9.95	4.93	26.94	8.79	17.16	10.47
3 (Barra 1 lletra)	13.51	3.99	9.2	3.59	30.39	11.78	24.52	13.69

Taula 5.4: Descriptius variables aplicats al mètode 1, 2 i 3 en la sessió 2 per a l'examinador 1.

Mètode	Mitjana	Sd
FV columna	19.15	5.76

Taula 5.5: Descriptius variables aplicats al mètode de Flexibilitat de Vergències en la sessió 2 i per a l'examinador 1.

## Sessió 2 – Examinador 2:

Mètode	Base Nasal				Base Temporal			
	Ruptura		Recuperació		Ruptura		Recuperació	
	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )	Mitjana ( $\Delta$ )	Sd ( $\Delta$ )
1 (VG 1 lletra)	13.08	5.36	7.44	4.82	22.07	9.79	14.27	10.84
2 (VG columna)	14.64	5.37	8.44	4.77	25.76	9.87	17.91	13.23
3 (Barra 1 lletra)	14.75	4.88	10.45	4.24	26.36	11.56	21.45	12.01

Taula 5.6: Descriptius variables aplicats al mètode 1, 2 i 3 en la sessió 2 per a l'examinador 2.

Mètode	Mitjana	Sd
FV columna	18.06	5.59

Taula 5.7: Descriptius variables aplicats al mètode de Flexibilitat de Vergències en la sessió 2 i per a l'examinador 2.

## 5.2 Anàlisis de repetibilitat

En aquest apartat es realitzen diferents estudis de la variabilitat intra-subjectes, realitzades per l'examinador 1 i comparant sessió 1 i sessió 2, també de la variabilitat inter-examinador, realitzades en la sessió 2 i comparant l'examinador 1 amb l'examinador 2.

Es realitzarà la correlació de Pearson i el Coeficient de correlació interclasse (CCI).

### 5.2.1 Estudi de la repetibilitat pel coeficient de correlació de Pearson

El coeficient de correlació de Pearson oscil·la entre 0 i  $\pm 1$ . Els valors més propers a  $\pm 1$  indiquen millor correlació, tot i que no és un bon valor per a repetibilitat ja que es poden obtenir valors molt propers a  $\pm 1$  i tenir una dispersió de punts a la gràfica molt desplaçada de l'origen. En la majoria d'estudis clínics es considera que hi ha una bona correlació a partir de 0,8.

A la taula 5.6 es mostren els resultats de la correlació de Pearson intra-subjectes, i a la taula 5.7 es mostren els resultats de la correlació de Pearson inter-examinadors:

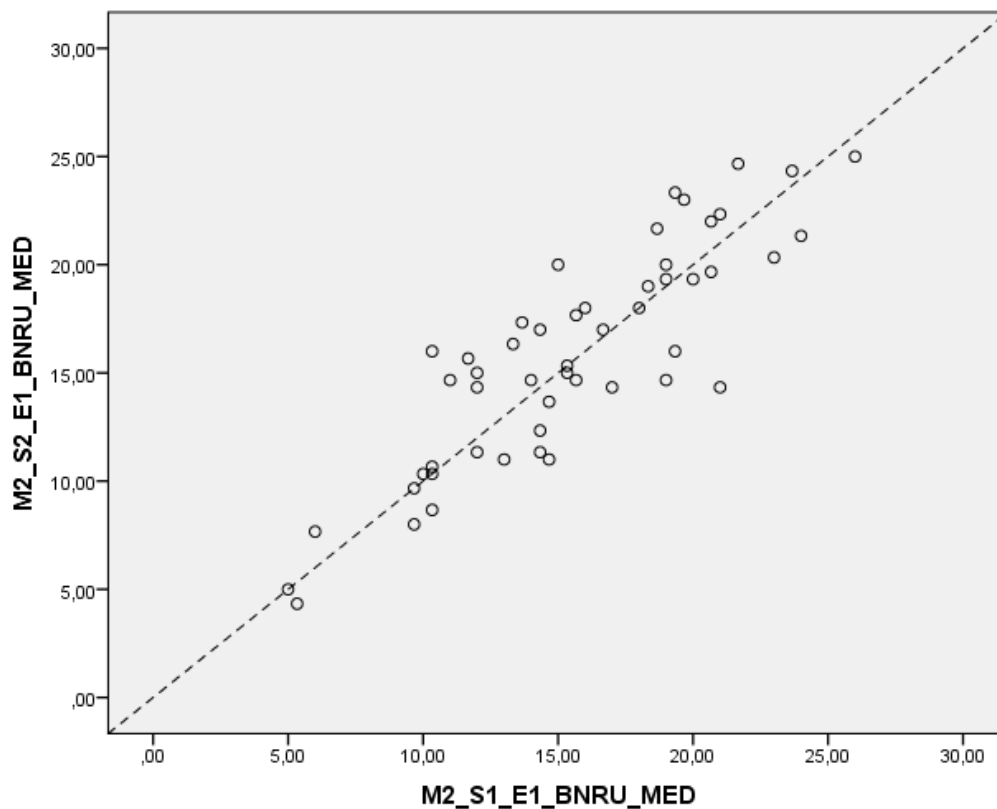
Repetibilitat Intra-subjectes				
Mètodes	Base Nasal		Base Temporal	
	Ruptura	Recuperació	Ruptura	Recuperació
1 (VG 1 lletra)	$r = 0.86$ $p = 0.000$	$r = 0.82$ $p = 0.000$	$r = 0.86$ $p = 0.000$	$r = 0.70$ $p = 0.000$
2 (VG columna)	$r = 0.87$ $p = 0.000$	$r = 0.80$ $p = 0.000$	$r = 0.71$ $p = 0.000$	$r = 0.58$ $p = 0.000$
3 (Barra 1 lletra)	$r = 0.83$ $p = 0.000$	$r = 0.79$ $p = 0.000$	$r = 0.78$ $p = 0.000$	$r = 0.72$ $p = 0.000$

Taula 5.8: Correlacions de Pearson intra-subjectes (comparació de sessió 1 i 2, realitzades per l'examinador 1). La casella verda correspon a la correlació més alta i la vermella a la correlació més baixa obtingudes.

Repetibilitat intra-subjectes	
Mètode	Coefficient de correlació de Pearson
FV columna	$r = 0.88$ $p = 0.000$

Taula 5.9. Correlacions de Pearson intra-subjectes (comparació sessió 1 i 2, realitzades per l'examinador 1).

El següent gràfic mostra la millor correlació pel Coeficient de Correlació de Pearson (Coeficient de Correlació de Pearson=0.87) obtinguda en comparar el mètode 2 (Von Graeffe amb el test d'una columna de lletres) durant la sessió 1 i la sessió 2.



Gràfic 5.2. Gràfic de la Correlació de Pearson sobre la millor repetibilitat intra-subjectes



Entre sessions, la millor correlació per a la mesura de les reserves de vergència s'obté en la ruptura dels prismes de base nasal del mètode Von Graeffe amb una columna de lletres. Pel que fa a la pitjor correlació obtinguda, és en el mateix mètode a diferència que s'obté en la recuperació dels prismes de base temporal.

La flexibilitat de vergències obté molt bona correlació de Pearson entre sessions propera a 0.9.

Repetibilitat inter-examinador				
Mètodes	Base Nasal		Base Temporal	
	Ruptura	Recuperació	Ruptura	Recuperació
<b>1 (VG 1 lletra)</b>	r = 0.72 p = 0.000	r = 0.73 p = 0.000	r = 0.87 p = 0.000	r = 0.85 p = 0.000
<b>2 (VG columna)</b>	r = 0.82 p = 0.000	r = 0.72 p = 0.000	r = 0.82 p = 0.000	r = 0.75 p = 0.000
<b>3 (Barra 1 lletra)</b>	r = 0.74 p = 0.000	r = 0.72 p = 0.000	r = 0.62 p = 0.000	r = 0.62 p = 0.000

Taula 5.10: Correlacions de Pearson inter-examinadors (comparació d'examinador 1 i 2, realitzades a la sessió 2). La casella verda correspon a la correlació més alta i la vermella a la correlació més baixa obtingudes.

Repetibilitat inter-examinador	
Mètode	Coefficient de correlació de Pearson
<b>FV columna</b>	r = 0.73 p = 0.000

Taula 5.11. Correlacions de Pearson inter-examinador (comparació d'examinador 1 i 2, realitzades a la sessió 2).

Entre examinadors, la millor correlació s'obté en la ruptura dels prismes de base temporal pel mètode Von Graeffe amb una lletra de test. La pitjor correlació obtinguda s'obté en la ruptura i la recuperació dels prismes de base temporal per al mètode de la barra de prismes amb una lletra de test.

La flexibilitat de vergències obté un resultat qualificat com a bo.

### 5.2.2 Estudi de la repetibilitat pel coeficient correlació interclasse (CCI)

El coeficient de correlació interclasse (CCI) és un valor que oscil·la entre 0 i 1. Quan més proper és a 1, la variabilitat és menor i la repetibilitat és major.

A la taula 5.8 es mostren els valors de la repetibilitat intra-subjectes pel CCI, i a la taula 5.9 es mostren els valors de la repetibilitat inter-examinadors pel CCI.

Repetibilitat intra-subjectes				
Mètodes	Base Nasal		Base Temporal	
	Ruptura	Recuperació	Ruptura	Recuperació
1 (VG 1 lletra)	0.85	0.82	0.85	0.69
2 (VG columna)	0.87	0.80	0.71	0.58
3 (Barra 1 lletra)	0.82	0.79	0.78	0.72

Taula 5.12: Coeficients de correlació interclasse intra-subjectes (comparació de sessions 1 i 2, realitzades per l'examinador 1). La casella verda és la que obté més bona repetibilitat i la casella vermella la que n'obté menys.

Repetibilitat intra-subjectes	
Mètode	Coeficient Correlació Inter-classe
FV columna	$r = 0.88$

Taula 5.13. Coeficients de correlació interclasse intra-subjectes (comparació sessió 1 i 2, realitzades per l'examinador 1).

Entre sessions, la millor repetibilitat (0,87) l'obtenim en la ruptura dels prismes de base nasal pel mètode de Von Graeffe amb una columna de lletres. La pitjor repetibilitat l'obtenim en la recuperació dels prismes de base temporal en el mateix mètode.

En general, per a la ruptura dels prismes de base nasal, els tres mètodes obtenen valors bons (entre 0,82 i 0,87). Per a la recuperació dels prismes de base nasal, obtenim valors lleugerament inferiors però considerats bons també (entre 0,79 i 0,82). Pel que fa a la ruptura dels prismes de base temporal, obtenim valors bons (entre 0,71 i 0,85). I per a la recuperació dels prismes de base temporal, obtenim valors entre moderats i bons, el valor més baix l'obté el mètode Von Graeffe amb columna de lletres, i el major valor l'obté el mètode de la barra de prismes amb una lletra.

Podem afegir que la Flexibilitat de Vergències obté una bona repetibilitat entre sessions amb el CCI més elevat de totes les proves, 0.88.

Repetibilitat inter-examinador				
Mètodes	Base Nasal		Base Temporal	
	Ruptura	Recuperació	Ruptura	Recuperació
1 (VG 1 lletra)	0.72	0.73	0.86	0.84
2 (VG columna)	0.82	0.72	0.81	0.73
3 (Barra 1 lletra)	0.73	0.71	0.84	0.82

Taula 5.14: Coeficients de correlació interclasse inter-examinadors (comparació d'examinadors 1 i 2, realitzades en la sessió 2). La casella verda és la que obté més bona repetibilitat i la casella vermella la que n'obté menys.

Repetibilitat inter-examinador	
Mètode	Coefficient Correlació Interclasse
FV columna	$r = 0.72$

Taula 5.15. Coeficients de correlació interclasse inter-examinador (comparació d'examinador 1 i 2, realitzades a la sessió 2).

Entre examinadors, la millor repetibilitat l'obtenim en la ruptura dels prismes de base temporal pel mètode de Von Graeffe amb una lletra. La pitjor repetibilitat l'obtenim en la recuperació dels prismes de base nasal en el mètode de la barra de prismes amb una lletra.

En general, per a la ruptura dels prismes de base nasal, els tres mètodes obtenen valors bons (entre 0,72 i 0,82). Per a la recuperació dels prismes de base nasal, obtenim valors bons (entre 0,71 i 0,73) tot i que trobem el valor més baix de tots els resultats d'aquesta taula. Per a la ruptura dels prismes de base temporal, obtenim valors bons, fins i tot podem afegir que són els que tenen millor repetibilitat (entre 0,81 i 0,86). I per a la recuperació dels prismes de base temporal, obtenim repetibilitats bones pels tres mètodes (entre 0,73 i 0,84).

Podem afegir que la flexibilitat de vergències obté una bona repetibilitat entre examinadors.

## 6. DISCUSSIÓ I CONCLUSIONS

L'objectiu principal d'aquest treball és estudiar la repetibilitat i la reproductibilitat de la mesura de les vergències en visió propera, segons la variabilitat entre examinadors i la variabilitat entre subjectes.

En aquest apartat es valoren els resultats obtinguts i es contrasten amb estudis de diferents autors que també han estudiat la repetibilitat i reproductibilitat de vergències fusionals en visió propera. També s'anomenen les conclusions del nostre treball.

### 6.1 Discussió

#### 6.1.1 Repetibilitat intra-subjectes

En primer lloc, si comparem les mitjanes dels valors de les reserves fusionals en el cas intra-subjecte (mateix examinador, comparem sessió 1 i sessió 2), trobem diferències estadísticament significatives, generalment els resultats en la sessió 2 són majors que en la sessió 1 en tots els mètodes, tant els de les reserves fusionals com la flexibilitat de vergències.

En comparar els resultats obtinguts de la Correlació de Pearson i el CCI trobem que el mètode amb més repetibilitat és Von Graeffe amb test d'una columna de lletres (correlació de Pearson=0.87 i CCI=8.7) en la prova de la ruptura dels prismes de base nasal.

La pitjor repetibilitat la trobem en el mateix mètode Von Graeffe amb el test d'una columna de lletres però en la prova de la recuperació dels prismes de base temporal (correlació de Pearson=0.58 i CCI=0.58).

Però si fem un anàlisi general, tenint en compte la globalitat de l'examen amb base nasal i temporal, el mètode que obté millor repetibilitat intra-subjecte és Von Graeffe amb el test d'una lletra. El mètode de la barra de prismes és el que obté la pitjor repetibilitat. També podem afegir que la repetibilitat intra-subjectes de la flexibilitat de vergències (Correlació de Pearson=0.88 i CCI=0.88) és més alta que la repetibilitat inter-examinador (Correlació de Pearson=0.73 i CCI=0.72).

Aquests resultats ens han portat a concloure que per tenir les mesures de reserves més fiables, respecte a les variacions intra-subjectes, recomanem el mètode de Von Graeffe però utilitzant una lletra aïllada com a optotip.

#### 6.1.2 Repetibilitat inter-examinador

En primer lloc, si comparem les mitjanes dels valors de les reserves fusionals en el cas inter-examinador (mateixa sessió, comparem examinador 1 i examinador 2), trobem diferències estadísticament significatives que no segueixen el mateix esquema, per exemple, en el mètode Von Graeffe amb el test d'una lletra obtenim valors de mesures majors en l'examinador 2; per al mètode Von Graeffe amb el test d'una columna de lletres l'examinador 1 obté valors majors en

general; però pel que fa al mètode de la barra de prismes amb el test d'una lletra, trobem valors de mitjana majors en les bases nasals per l'examinador 2 en canvi, les bases temporals les tenim en general més altes en l'examinador 1; i la flexibilitat de vergències la trobem més alta en l'examinador 1. No obstant, els valors són entre l'examinador 1 i l'examinador 2 no són molt diferents.

En comparar els resultats obtinguts de la Correlació de Pearson i el CCI trobem que la prova amb més repetibilitat és Von Graeffe amb el test d'una lletra (correlació de Pearson=0.87 i CCI=0.86) en la prova de la ruptura dels prismes de base temporal.

La pitjor repetibilitat la trobem en el mètode de la barra de prismes amb el test d'una lletra. la pitjor correlació la trobem en la prova de la ruptura i la recuperació dels prismes de base temporal (correlació de Pearson=0.62), i la repetibilitat més baixa la trobem en la prova de la recuperació dels prismes de base nasal (CCI=0.71).

Però si fem un anàlisi general tenint en compte els resultats tant de base nasal com temporal, el mètode que obté millor repetibilitat intra-subjecte és Von Graeffe amb el test d'una lletra, tal com hem descrit en l'apartat de repetibilitat intra-subjectes. Pel que fa al mètode de la barra de prismes, és el que obté la reproductibilitat més baixa.

Per tant, podem afirmar que el mètode Von Graeffe amb el test d'una única lletra té una bona repetibilitat i reproductibilitat.

### 6.1.3 Comparació dels resultats amb els d'altres estudis

Si comparem els valors de les reserves fusionals del nostre estudi amb els valors d'altres autors, com ara l'estudi de Goss i Becker (2011), ens trobem que les reserves de base nasal i base temporal són en general més altes que les del nostre estudi. També podem dir que hi ha diferència estadísticament significativa en la ruptura i la recuperació dels prismes de base nasal. En canvi, no existeix diferència estadísticament significativa en la ruptura i la recuperació dels prismes de base temporal.

En l'estudi de Morgan (1944) trobem que els valors de ruptura i recuperació dels prismes de base nasal són superiors als del nostre estudi, en canvi, els valors de ruptura i recuperació dels prismes de base temporal són inferiors als nostres. També podem afegir que existeix diferència estadísticament significativa entre els seus valors i els nostres, exceptuant els valors de recuperació dels prismes de base temporal, on no existeix diferència estadísticament significativa.

Si comparem el valor de la mitjana de la flexibilitat de vergències amb el valor d'altres autors, com ara l'estudi de Gall et al. (1998), trobem que existeixen diferències estadísticament significatives ja que en el nostre estudi obtenim resultats majors als proposats com a valors de normalitat pel mateix autor, Gall et al.

Podem afegir que en l'estudi de Mel i Firth (2002), trobem diferències estadísticament significatives ja que en el nostre estudi obtenim valors en les mesures superiors als resultats obtinguts en les seves mesures.

### 6.2 Conclusions

Després de l'anàlisi dels resultats, s'ha arribat a les següents conclusions:

- El mètode amb els valors de repetibilitat intra-subjecte més alta i més baixa és Von Graeffe amb una columna com a test en la mesura de ruptura de base nasal i de recuperació de base temporal, respectivament.
- La repetibilitat intra-subjecte més baixa s'obté amb el mètode de la barra de prismes.
- Si tenim en compte els resultats en general, la millor repetibilitat intra-subjecte s'obté amb el mètode de Von Graeffe i una lletra aïllada com a optotip.
- El mètode amb els millors valors de repetibilitat inter-examinador és Von Graeffe amb el test d'una lletra.
- La repetibilitat inter-examinador més baixa s'obté amb el mètode de la barra de prismes.
- En el mètode Von Graeffe, si en comptes d'una columna de lletres com a optotip s'utilitza una única lletra, la repetibilitat i la reproductibilitat milloren.
- Les mesures de les recuperacions obtenen valors inferiors en la repetibilitat intra-subjectes, sobretot en els prismes de base temporal.
- En la flexibilitat de vergències s'obtenen valors superiors als considerats normals per Gall et al., no obstant obtenen bona repetibilitat i bona reproductibilitat.
- El mètode Von Graeffe amb el test d'una lletra és el que dona millor repetibilitat intra-subjectes i millor repetibilitat inter-examinador.

Vull afegir les conclusions personals extretes de la realització d'aquest estudi. En primer lloc, he repassat i aprofundit en conceptes d'optometria estudiats durant el grau. He posat en pràctica mètodes de mesura estudiats i n'he après de nous, a més de posar-los en pràctica en la mostra de l'estudi. També he ampliat coneixements estadístics, com realitzar un estudi clínic, el seu tractament de dades i la interpretació dels seus resultats.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Hainline, L. i Riddell, P.M. (1995). Binocular Alignment and vergence in early infancy. Vision Res. Vol. 35, No. 23/24, pp 3229-3236, 1995
2. Stidwill, D., Flectcher, R. (2011). *Normal binocular vision. Theory, investigation and Practical aspects*. Oxford:Wiley-Blackwell.
3. Pons, Á. M. i Martínez, F.M. (2004). Fundamentos de visión binocular. Universitat de València.
4. Borrás, M.R., Gispets, J, Ondategui, J.C, Pacheco, M., Sanchez, E. i Varón, C. (1999). Optometría. Manual de exámenes clínicos. Ed. UPC. ISBN: 84-8301-309-6
5. Mel, A. C. i Firth, A. Y. (2002). Is there a relationship between prism fusion range and vergence facility. University of Sheffield. Br Orthopt J 2002; 59: 38–44.
6. Antona, B., Barrio, A., Barra, F., Gonzalez, E. i Sanchez, I. (2008). Repeatability and agreement in the measurement of horizontal fusional vergences. Universidad Complutense de Madrid. Ophthal. Physiol. Opt. 2008 28: 475–491.
7. Goss, D. A. i Becker, E. (2011). Comparison of near fusional vergence ranges with rotary prisms and with prism bars. Optometry (2011) 82, 104-107.
8. Rosenfield, M., Ciuffreda, K.J. i Ong, E. (1995). Vergence adaptation and the order of clinical vergence range testing. Optom Vis Sci 72: 219-23, 1995.
9. Henson, D.B. i North, R. (1980). Adaptation to prism-infused heterophoria. American Journal of optometry & Physiological optics. Vol.57, No.3, pp 129-137.
10. Flüeler, U.R, Elhatton, K.M. I David, L.G. (1994). A combination horizontal/vertical prism bar. A precisely calibrated tool use in front of one eye. Strabismus-1995, Vol.3. N I, pp 27-32.
11. Agarwal, S, Althlya Agarwal, A., Apple, D.J., Buratto, L, Alló, J.L, Pandey, S.K. i Agarwal. (2002). Vol1: Textbook of ophthalmology: Basic sciences, Optics and Refraction, Neuro-ophthalmology and Strabismus A. Ed: Jaype
12. Grosvenor, T i Grosvenor, T.P. (2007). Primary Care Optometry. Elsevier Health Sciences.
13. Catàleg Gulden Ophthalmics. (2014). 2014 Catalog. [www.guldenophthalmics.com](http://www.guldenophthalmics.com).  
Imatge: <http://www.guldenophthalmics.com/products/index.php/prisms/magnetic-vf-stick-prism.html>

14. McDaniel, C. i Fogt, N. (2010). Vergence adaptation in clinical vergence testing. University of Houston College of Optometry. Optometry (2010) 81, 469-475.
15. Gall, R., Wick, B. i Bedell, H. (1998). Vergence Facility: Establishing clinical utility. Optometry and vision science. Vol 78, No.10.
16. Cabezas, I.D., Alfonso, H., Garibello, C.L., Martinez, M.S., Prieto, C. A. *Repetibilidad & Reproducibilidad* (Universidad Nacional de Colombia, 2011).
17. Llamosa, L. E., Meza, L. G., Botero, M. *Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTC-ISO/IEC/17025* (Universidad Tecnológica de Pereira, 2007).
18. Prion, S. i Haerling, K.A. (2014). Making Sense of Methods and Measurement: Pearson Product-Moment Correlation Coefficient. Clinical Simulation in Nursing (2014) 10, 587-588.
19. Cortés, E., Rubio, J.A. i Gaitán, H. (2010). Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología Vol. 61 No. 3 (247-255).
20. Fleiss, Joseph L. 1986. *The design and analysis of clinical experiments*. Universidad de Michigan : Wiley, 1986.
21. <sup>2</sup> Declaració de Helsinki de l'Associació Mèdica Mundial. (2008). Madrid
22. <sup>3</sup> Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal. (<http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1999-23750>)



## **8. ANNEXOS**

### **ANNEX I. Consentiment informat**

#### **INFORMACIÓ**

**Estudi sobre la concordança de resultats i la repetibilitat de diferents mètodes per a la mesura de variables de binocularitat i acomodació ocular.**

##### **Objectiu de l'estudi:**

Participarà en un estudi sobre la repetibilitat i concordança de resultats en la mesura de diferents variables de la funció acomodativa i binocular en VP. El tractament d'aquests resultats també formarà part d'uns Treballs Acadèmics Dirigits realitzats per diferents estudiants del darrer curs de títol de Grau en Òptica i Optometria, a la FOOT.

Ha estat seleccionat com a possible participant d'aquest estudi donat que compleix els requisits que es demanen dins del protocol establert.

##### **Condicions de l'estudi:**

La prova estarà formada per un seguit de mesures que es duran a terme en dues sessions. És realitzaran a les instal·lacions de la FOOT, sense interferir en l'horari de classes.

No s'ha detectat cap tipus de risc en la realització de cap de les mesures ja que, en tot els casos, s'utilitzen tècniques no invasives.

Per qualsevol dubte o problema pot posar-se en contacte amb: Rosa Borràs.  
[rosa.borras@oo.upc.edu](mailto:rosa.borras@oo.upc.edu)

## CONSENTIMENT INFORMAT

En/Na \_\_\_\_\_ amb DNI núm. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ i \_\_\_\_\_ anys d'edat, amb domicili a \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ província de \_\_\_\_\_,  
 manifesto que he sigut informat per \_\_\_\_\_ sobre els detalls dels treballs que es  
 realitzen en el marc del **“Estudi sobre la concordança de resultats i la repetibilitat de  
 diferents mètodes per a la mesura de variables de binocularitat i acomodació ocular.”**

La meua decisió de participar en l'estudi és voluntària i els resultats que s'obtinguin els  
 podré utilitzar en la realització de les meves tasques acadèmiques.

Declaro que tots els meus dubtes i preguntes han sigut aclarits, que he entès tota la  
 informació que se m'ha proporcionat. Per això, dono el meu consentiment per a  
 participar en l'estudi. Estic d'acord en què les meves dades relatives a aquest estudi  
 siguin guardades, procesades electrònicament i transmeses, pel qual dono el meu  
 consentiment per què es reveli la informació necessària recollida durant l'estudi per a  
 què pugui ser procesada i difosa a la comunitat científica, sense que en cap moment  
 sigui revelada la meua identitat, ja que entenc que els meus drets de confidencialitat  
 queden protegits.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Firma del pacient

Firma del investigador

**ANNEX 2. Fitxa d'exclusió**

NOMBRE:

Nº PACIENTE:

FECHA:     /     /

ASIGNATURA: ☐ NEURO ☐ DVB

FICHA CONTROL DE PRUEBAS		
EXCLUSIÓN	<input type="checkbox"/> Ambliopia <input type="checkbox"/> Estrabismo <input type="checkbox"/> Cirugía <input type="checkbox"/> Refracción	
FIRMA		
		SELLO

## ANNEX 3. Exemple de fitxa d' anotació de resultats

## RESERVES

Nom pacient:

Nº Pacient: \_\_\_\_\_

Examinador: \_\_\_\_\_

Dia: \_\_\_\_\_

Observacions: \_\_\_\_\_

## Bloc 1

			1ª	2ª	3ª
• Von Graefe Foropter (línia lletres)	▽ BN	Ruptura			
		recuperació			
	▽ BT	Ruptura			
		recuperació			

			1ª	2ª	3ª
• Von Graefe Foropter (1 lletra)	▽ BN	Ruptura			
		recuperació			
	▽ BT	Ruptura			
		recuperació			

## Bloc 2

			1ª	2ª	3ª
• Barra de prismes (1 lletra)	▽ BN	Ruptura			
		recuperació			
	▽ BT	Ruptura			
		recuperació			

## Bloc 3

		Cpm	Dificultat
• Flexibilitat de Vergències 3BN/12NT (línia lletres)			

		Cpm	Dificultat
• Flexibilitat de Vergències 3BN/12NT (1 lletra)			